محاضرات الكورس الأول لمادة

مقدمة في الموارد المائية

للمرحلة الثانية- قسم هندسة المنشآت والموارد المائية

كلية الهندسة – جامعة الكوفة

مدرس المادة: م.م مروة عبدالله ميري

دورة المياه في الطبيعة:

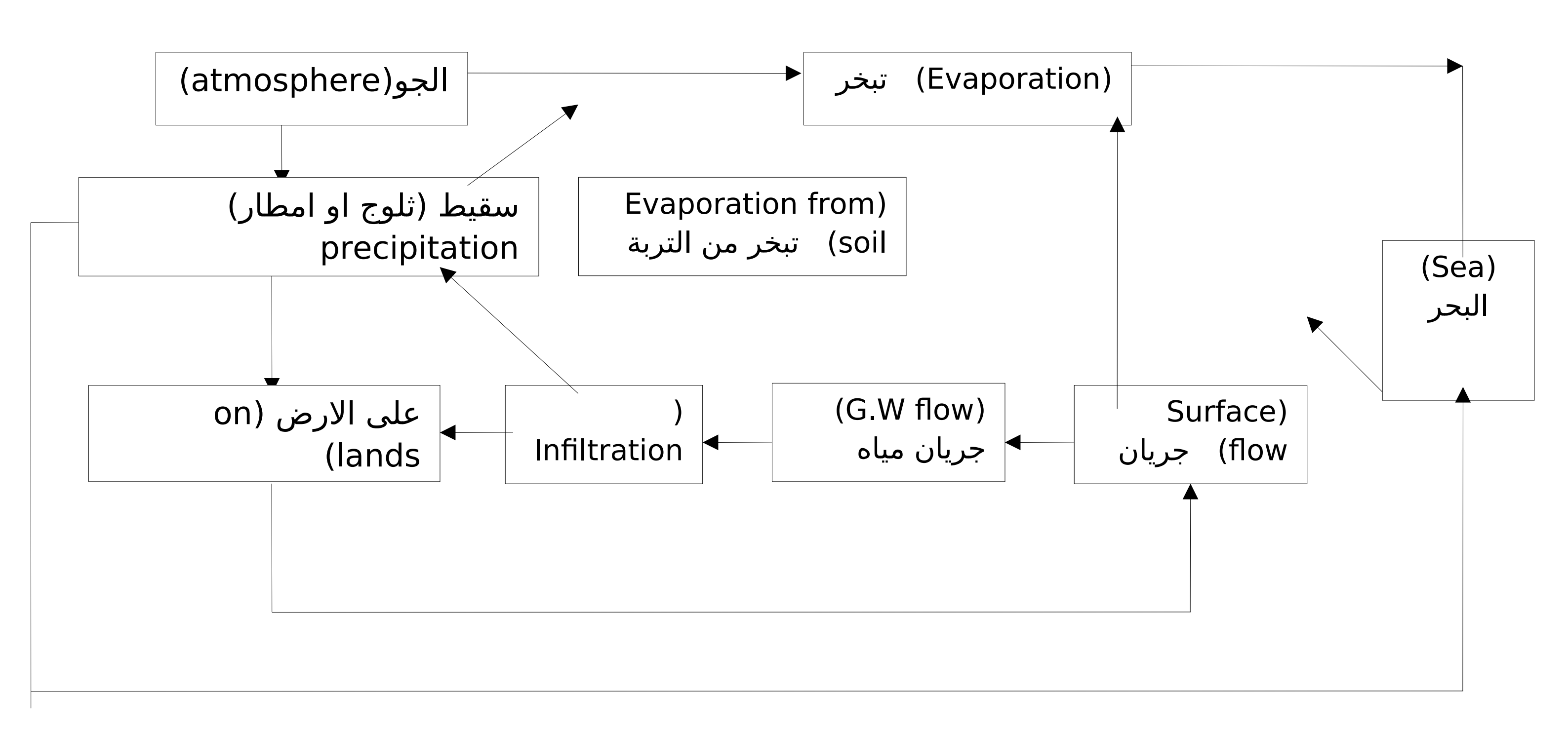
إن دورة الماء تصف وجود وحركة المياه على الأرض وداخلها. وتتحرك مياه الأرض دائما، وتتغير أشكالها بإستمرار، من سائل إلى بخار، ثم الى سقيط (امطار وثلوج) .

وتتأثر هذه الدورة بالعوامل التالية:



1. قوة الطاقة الشمسية
2. دورة الهواء العامة
3. تأثير البحار والمحيطات والتي تشكل حوالي 70.8% من مساحة الكرة الارضية في تزويد هذه الدورة بجزء من بخار الماء.

مخطط دورة المياه في الطبيعة او الدورة الهايدرولوجية (the hydrologic cycle)



نظرا الى الدورة المائية فوق جزء من اليابسة من الرة الارضية يلاحظ انه يوجد اتزان مائي يعكس قانون حفظ المادة(Conservation law) ويمكن التعبير عن ذلك رياضيا بالقانون التالي:

$$\Delta s = I - o$$

حيث ان :

I ((Inflow: هي كمية المياه الداخلة او الساقطة على مساحة معينة.

O ((out flow: هي كمية المياه الخارجه من المساحة المعينة.

Δs: التغير في المخزون المائي بالنسبة لهذه المساحة.

مثال(1): اذا علمت ان كمية السقيط في منطقة معينة هو $1000m^3$ فأحدث تغير في الخزين المائي لتلك المنطقة بمقدار $450\ m^3$ اوجد كمية الجريان الخارج من تلك المنطقة.

Sol:

Δs = I - o

450=1000 – O(outflow)

O(outflow)= $550m^3$ هو مقدار الجريان الخارج من تلك المنطقة

مثال(2): اذا علمت ان قابلية الخزن لمنطقة ما تمثل نسبة 5% من المياه الداخلة الى تلك المنطقة اوجد كمية الجريان الخارج من تلك المنطقة.

Sol:

نفرض مقدار المياه الداخلة(I) هو X

مقدار التغير في الخزن Δs هو 0.05X

Δs = I - O

0.05X = X – O(outflow)

O(outflow)= 0.95x من مقدار المياه الداخلة

اذا قدرت كمية المياه المتساقطة كامطار وثلوج على سطح الكرة الارضية بحوالي 520 الف كيلو متر مكعب في السنة فان كمية المياه التي تتبخر من سطح الكرة الارضية تكون (متساوية)لهذا القدر تقريبا باعتبار ان التغير في المخزون الرطوبي في الهواء المحيط بالكرة الارضية يكون (معدوما) على المدى الطويل.

بمعنى اخر يمكن القول ان كمية التساقط سواء كانت امطار او ثلوج تتساوى مع كمية المياه المتبخرة من سطح الارض (البحار والمحيطات)هو العامل والمؤثر في كمية المياه المتبخر والتي تصل نسبة التبخر منه 90% من الكمية الكلية اما التبخر من سطح اليابسة فتبلغ نسبته حوالي 10% فقط من مجموع المياه المتبخرة من كمية التساقط الكلية.

يمكن تقسيم عناصر الدورة المائية العامة كما يلي:

1. التبخر من الغلاف المائي ويرمز له Eo = 84
2. الأمطار في الغلاف المائي ويرمز له P0 = 77%
3. التبخر من الغلاف اليابس / المنطقة الرطبة ويرمز له E14 = 10%
4. الأمطار في الغلاف اليابس / المنطقة الرطبة ويرمز له P14 = 17%
5. التبخر في الغلاف اليابس / المنطقة الجافة ويرمز له E24 = 6%
6. الأمطار في الغلاف اليابس / المنطقة الجافة ويرمز له P24 = 6%
7. بخار الماء المنقول بواسطة التيارات الهوائية من الغلاف المائي (البحار والمحيطات)إلى اليابس = 9%
8. بخار الماء المنقول من المناطق الرطبة إلى المناطق الجافة = 2%
9. بخار الماء المنقول من المناطق الجافة إلى البحار والمحيطات = 2%

التوازن الكلي والجزئي في الدورة المائية العامة :

تتكون حركة الماء في الدورة المائية العامة من عناصر مختلفة وفي ثلاث مناطق مختلفة هي البحار والمحيطات والمنطقة اليابسة الرطبة والمنطقة اليابسة الجافة ، وكل منطقة من هذه المناطق يحدث فيها توازن وكلها تمثل توازنا كلياً في الدورة المائية على الكرة الأرضية ، إذا اعتبرنا كميات المياه الداخلة والخارجة وعلى مدار السنة فإننا نجد العلاقات التالية:

1. $P0=E0+2\% -9\%=E0-7\%$

(أي أن كمية الأمطار في البحار والمحيطات تساوي التبخر من الغلاف المائي يضاف إليها 2% من بخار الماء المنقول بواسطة الرياح مطروحاً منها 9% منقولة منها إلى المنطقة اليابسة الجافة).

2. P14=E14+9% -2%=E14+7%

(وهذا يعني أن كمية الأمطار في المنطقة اليابسة الرطبة تساوي كمية التبخر منها مضافاً إليها 9% من بخار الماء المنقول بواسطة الرياح القادمة من الغلاف المائي مطروحاً منها 2% من بخار الماء المنقول بواسطة الرياح المنقولة إلى اليابس الجاف).

3. P24=E24+2% -2% =E24

(أي أن كمية بخار الماء من اليابس الجاف مضافاً إليها 2% من بخار الماء المنقول بواسطة الرياح من اليابس الرطب مطروحاً منها كمية بخار الماء المنقول منها 2% إلى الغلاف المائي تساوي كمية الأمطار فيها)

بعد جمع طرفي العلاقات الثلاثة تنتج العلاقة التالية:

4. P0+P14+P24= Eo+E14+E24

أي أن الأمطار في البحار مضافاً إليها الأمطار في اليابس الرطب مضافاً إليها الأمطار في اليابس الجاف تساوي كمية التبخر من الغلاف المائي والتبخر من اليابس الرطب والتبخر من اليابس الجاف ويمكن اختصار كل المعادلات السابقة في معادلة سهلة جداً وهي :

5. P=E أي أن الأمطار = التبخر

المصادر المائية: انواعها وتوزيعها في الطبيعة

يسقط على سطح التل القارية نسبة تقترب من 20% من معدل السقيط الكلي في حين ان مايسقط على المسطحات المائية نسبة تقارب 80% تتعرض مياة المياه المتساقطة على الرة الارضية سواء ان التساقط على اليابس او على المسطحات المائية لحالات متعدده يمكن تحديدها بالحالات الاتية :

1. الجريان على سطح الارض من خلال المجاري المائية السطحية وفقا للجاذبية الارضية وهذا مايسمى بالجريان السطحي.
2. فقدان كميات من المياه عن طريق التبخر بفعل حرارة الشمس.
3. تترشح جزء منها الى طبقات الارض وتغذي المياه الجوفية وتعتمد على ميل كل طبقة وطبيعة تكويناتها وسمكها واتجاهات تحركاتها.

ويمكننا القول بأن المصدر الاساسي لوجود الماء في الطبيعة هو المطر والذي ينتج عنه نوعين اساسيين هما :

1. مياه سطحية: وهذه المياه تتمثل في الأنهار والبحار والمحيطات والقطع الثلجية.
2. مياه جوفية: وهي المياه الموجودة في باطن الأرض.

اشارت تقديرات الباحثين المختصين ان كمية المياه في الكرة الارضية سواء كانت مياه سطحية او جوفية او في الخلاف الجوي المحيط تبلغ حوالي 1360 مليون كيلو متر مكعب تشكل مياه البحار والمحيطات النسبة العظمى منها وتبلغ حوالي 97.2% في حين ان الجليد يشكل نسبة تبلغ 2.5% والنسبة الباقية تمثل مياه البحيرات والانهار والمياه الجوفية بالاضافة الى بخار الماء في الغلاف الجوي وان جملة مساحة الكرة الارضية البالغة 510 مليون كم مربع تغطي المياه منها 70.8%.

تعريف المياه السطحية:

هي المياه المجمعة على الأرض أو في تيار أو نهر أو بحيرة أو أرض رطبة أو محيط، وقد تتحول إلى مياه جوفية أو بخار ماء في الغلاف الجوي ضمن الدورة المائية, تتجدد المياه السطحية طبيعيا بواسطة الأمطار والينابيع وتتحول إلى أشكال أخرى بشكل طبيعي من خلال التبخر والتسرب تحت السطح في باطن الأرض ويمكن ملاحظة ومراقبة المياه السطحية وتقدير تخزينها ودرجة تلوثها بسهولة اكبر من المياه الجوفية التي لايمكن ملاحظتها مباشرة لذلك اهتم الهيدرولوجيون بدرجة اكبر

باستخدامات المياه السطحية وحمايتها من التلوث والنضوب بالمقارنة مـع المياه الجوفية.

الجريان السطحي:

العوامل الجوية المؤثرة على الجريان السطحي:

1. نوع الهطول (الامطار, الثلوج،.....).
2. كثافة الامطار.
3. كمية الامطار.
4. مدة الامطار.
5. التوزيع المكاني والزمني للمياه.
6. اتجاه حركة العاصفة المطرية.

حساب معدل التصريف للمجرى المائي

يمكن حساب معدل التصريف للمجرى المائي باستخدام المعادلة التالية:

التصريف= المساحة * السرعة

المساحة: هي مساحة مقطع المجـرى ويمكن ان تتخـذ اشـكال عـدة مثـل الشكل الدائري او المثلث او اي شكل اخر , وتكـون سـرعة الجريـان عنـد الجـوانب ابطئ من سـرعة الجريـان عنـد الوسـط بسـبب الاحتكـاك في جوانب المجرى وكذلك الحال في اسفل المجرى لذلك نحتـاج الى معامـل تصحيح يتم ضربه في السرعة السـطحية للمجـرى ويمكن ذلـك بالمعادلـة التالية:

متوسط السرعة= 0.8* السرعة السطحية

وبذلك :

$$Q= A*V$$

حيث ان:

Q: تصريف المجرى m^3/sec

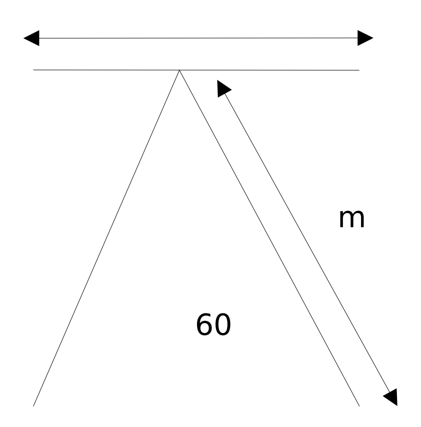
A: مساحة مقطع المجرى m^2

وتقسم المجاري المائية المفتوحة تبعا لاساس تكوينها الى:

1. مجاري مفتوحة طبيعية : تشمل المجاري التي وجدت طبيعيا ولم يحفرها الانسان مثل الانهار ومجاري الاودية.
2. مجاري مفتوحة صناعيا: هي المجاري التي قام بحفرهـا الانسـان مثل قنوات توصيل المياه للزراعة.

مثال: احسب مقدار التصريف في مقطع المجـرى المـائي الموضـح ادنـاه في حالة:

1. ارتفاع المياه m0.65 مع سرعة جريان $0.5 m/sec$
2. ارتفاع المياه m1.3 مع سرعة جريان $0.75 m/sec$ (H.W)



<u>Sol:1:</u>

$\tan 30 = \frac{X}{0.65}$

X=0.375 → *2 → 2x= 0.75m

A= 0.5 *0.75*0.65

A= 0.243m^2

Q= V*A

Q=0.5* 0.243

Q= 0.12 m^3/sec

2: Ans Q= 0.73 m^3/sec

الجريان في القنوات المفتوحة Open Channel Flow وحساب التصريف

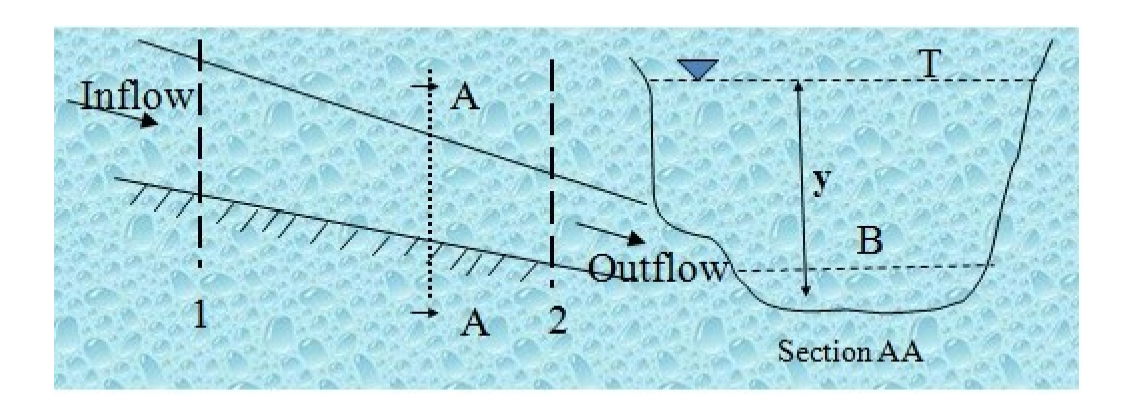


هو جريان المياه في قنوات ذات سطح حر (مفتوح) أي أن سطح الماء ليس عليه ضغط ، وفي هذه الحالة يكون الجريان في هذه القنوات تحت تـاثير الجاذبية الأرضية مثل : الأنهار ، المجاري المائية ، الأودية ، قنوات الري.

لكي نحسب كمية جريان (التصريف) الماء في مجرى مائي لابد من معرفة خصائص المجرى وهي:

- العرض العلوي لمقطع المجرى. (T)

- العرض السفلي لمقطع المجرى. (B)
- ارتفاع الماء في مقطع المجرى. (y)
- مساحة المقطع المائي في المجرى . (A)
- المحيط المبلل لمقطع المجرى المائي. (P)
- انحدار أو ميل القناة . (S)



تصريف الماء Discharge(Q):

هو عبارة عن حجم الماء المار خلال مقطع مجرى مائي في وحدة زمنية،

ويتمثل في معادلة الاستمرارية العام التالي: **Q=v .A**

Q: Flow rate (cfs) or (m^3/s)

V: Avg. velocity of flow at a cross-section (ft/s) or (m/s)

A: Area of the cross-section (ft^2) or (m^2)

بإستخدام Equation Manning يتم حساب التصريف في القنوات المفتوحة

$$Q=\frac{1}{n}AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}$$

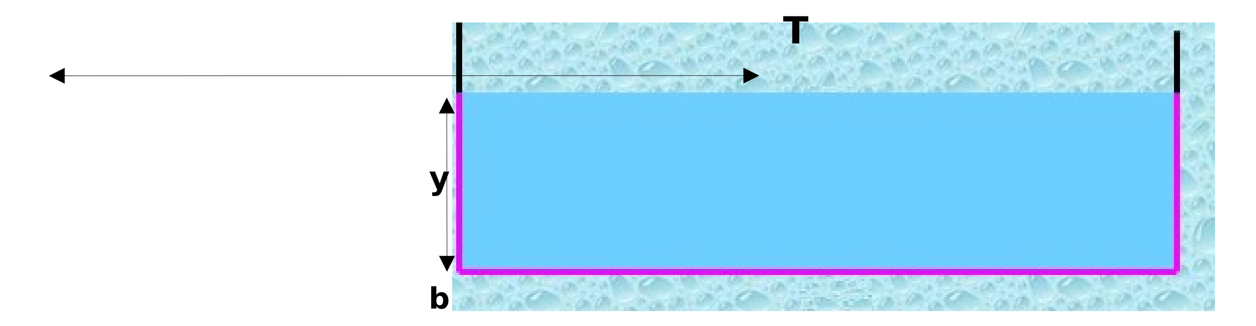
n= معامل الخشونة



S= الميل

Hydraulic radius, R = A/P   نصف القطر الهيدروليكي,

A = area,   P = wetted perimeter



1. For rectangle

A= b.y

Wetted perimeter (p) = b+2y

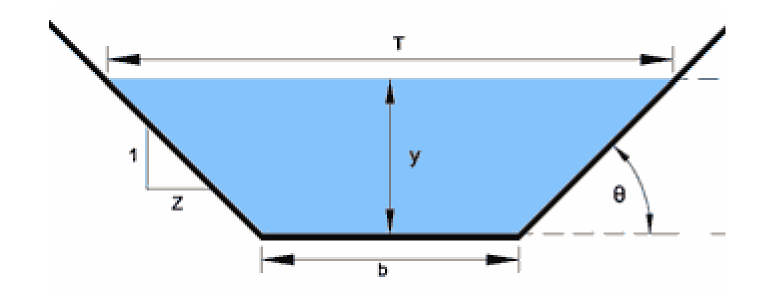
Hydraulic radius (R) = $\frac{by}{b+2y}$

Top width (T) = b

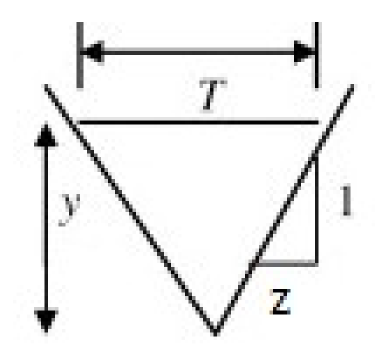
Hydraulic depth (D) = $\frac{A}{T}$= y

Section factor (Z) =A$\sqrt{D}$ = b$y^{1.5}$

2. Trapezoid



3. Triangle



H.w: Find A, P, R, T, D, and Z for trapezoid and Triangle sections.

يوجد هناك مجموعة من المعادلات التي تستخدم لايجاد التصـــريف اضافة الى manning equation :

1. **Darcy- Weisbach equation**

$$V=\sqrt{\frac{8.g}{f}}.R^{\frac{1}{2}}.S^{\frac{1}{2}}$$

g: Gravitational acceleration (m/sec.^{2}, ft/sec.^{2})

S : hydraulic gradinet

f= Darcy-Weisbach friction factor

Hydraulic radius, R = A/P

2. **Chezy- kutter eq.**

$$V=C.R^{\frac{1}{2}}.S^{\frac{1}{2}}$$

C : chezy coeff.

3. Hazen –Williams eq.

V= k.C.$R^{0.63}.S^{0.54}$

K= 1.32 for US unit and 0.85 for SI unit

قـد يعطى لـك معامـل chezy ويطلب اسـتخدام معادلـة manningو اي معامل اخر لذلك توجد علاقات تربط بين هذه المعادلات:

C = $\frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}}$

f=$\frac{78.48n^2}{R^{\frac{1}{3}}}$

c= $\sqrt{\frac{8.g}{f}}$

Prove it all

2. المياه الجوفية underground water :

ان كـل المـاء تحت سـطح الارض يشـير الى الميـاه الجوفيـة اذ ان كـل الميـاه الجوفية تتواجد في منطـقـتين مختلفـتين تحت سـطح الارض, ان المنطقـة الاولى توجد مباشـرة تحت سـطح الارض وفي اكـثر المنـاطق حيث تحتـوي على كلا من الماء والهواء الجوي وتسمى المنطقة غير مشبعة (unsaturated Zone), امـا المنطقـة الثانيـة فهي تقـع بشـكل ثـابت تقريبـا تحت الطبقـة الاولى ففي هـذه المنطقة جميع الفتحات المرتبطة مع بعضها البعض تكون مشبعة بالكامـل بالمـاء وتسمى المنطقة المشبعة (saturated Zone).

ان مناطق التوزيع العمودي لتواجد المياه الجوفية هي:

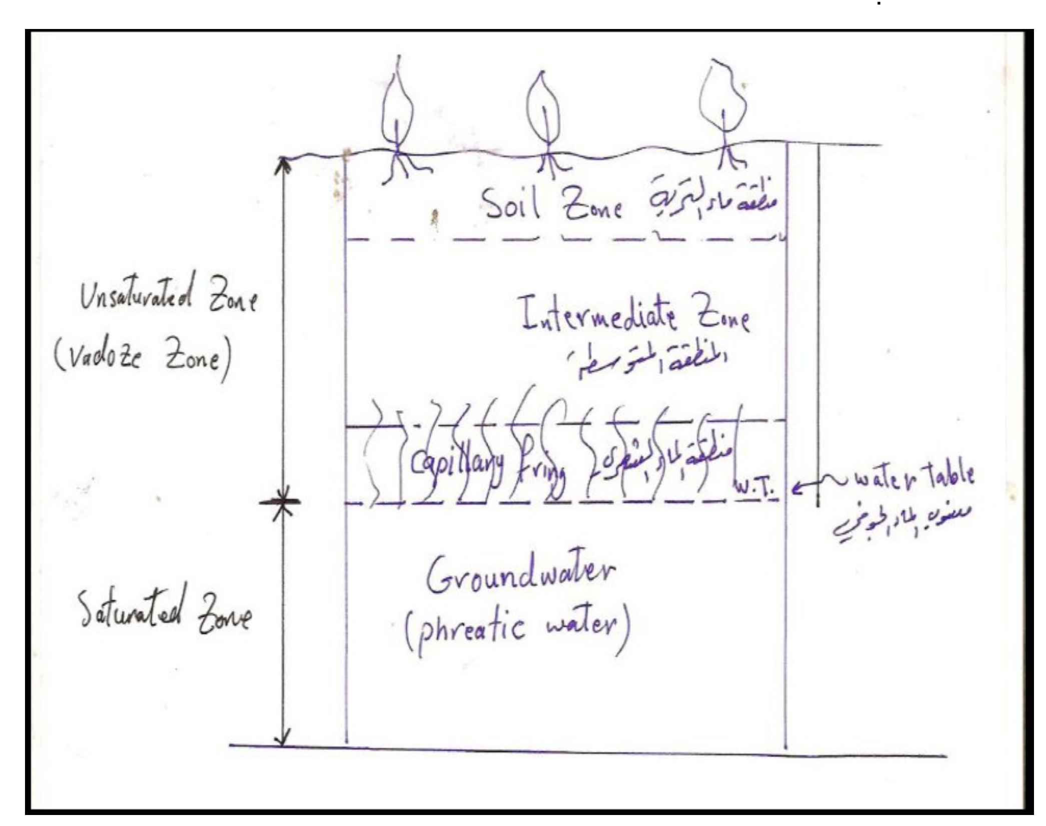
1. **المنطقة الهوائية(Zone of Areation)** : وتشمل الاتي

a. **منطقة رطوبة التربة(soil water Zone)**: وتمتد هذه المنطقة بين سطح الارض ونهاية جذور النباتات ويتغير السمك مع اختلاف نوعية التربة ونوعية الغطاء النباتي.

b. **النطاق المتوسط (Intermediate Zone)**: يحدد وجود هذا النطاق في المناطق التي يرتفع فيها منسوب المياه الجوفية ويكون سمك هذا النطاق متغير من مكان الى اخر.

c. **المنطقة الشعرية (Capillary fringe)**: وهي منطقة الماء الشعري وتقع مباشرة تحت المنطقة المتوسطة وفوق منسوب الماء الجوفي، هذه المنطقة تحدث نتيجة لقوى التجاذب (attraction) بين المياه الجوفية في المنطقة المشبعة وبين الصخور الموجودة في المنطقة غير المشبعة ويكون الماء في المنطقة غير المشبعة تحت ضغط سالب ولذلك فان الماء في هذه المنطقة الشعرية يتحرك باتجاه الاعلى في داخل المسامات الشعرية للصخور. ان منسوب المياه الجوفية (water Table) هو الحد الفاصل بين المنطقة المشبعة والمنطقة غير المشبعة .

2. المنطقة المشبعة



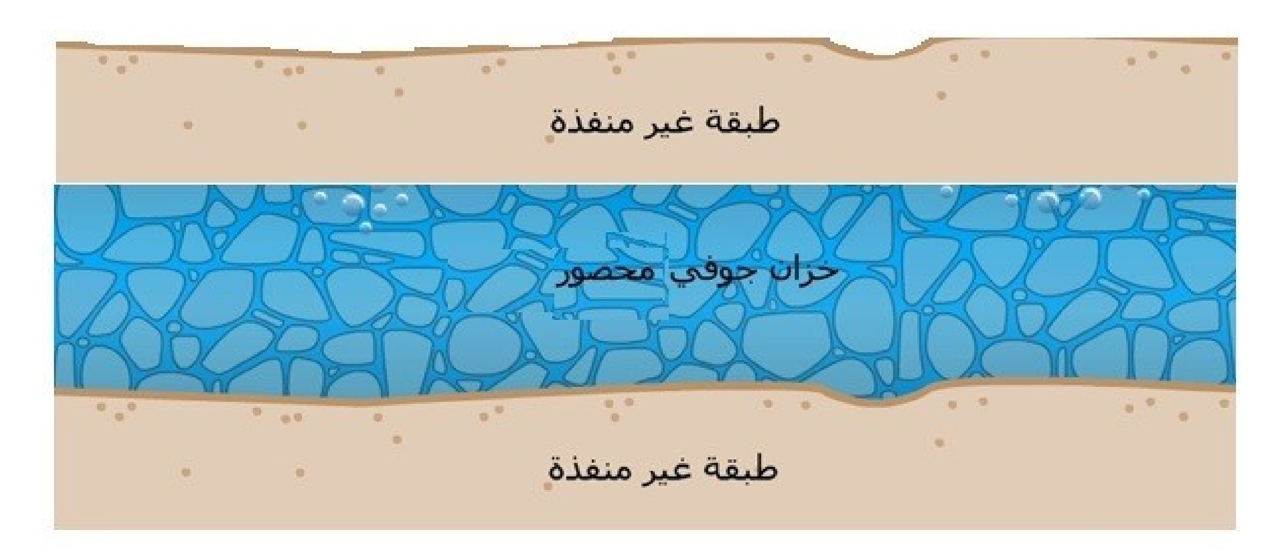
التكوينات الخازنة للماء الجوفي Aquifers:

ان الصخورالواقعه تحت سطح الارض اما ان تكون تكوينات خازنة للماء تسمى Aquifers او صخور غير خازنة للماء تسمى طبقات صماء Confining Beds ان التكوين الخازن Aquifer هو عبارة عن صخور تحتوي على المياه الجوفية بكميات يمكن استخدامها بواسطة الابار Well او الينابيع Spring.

ان التكوينات الخازنة للماء (Aquifers) تكون على نوعين:

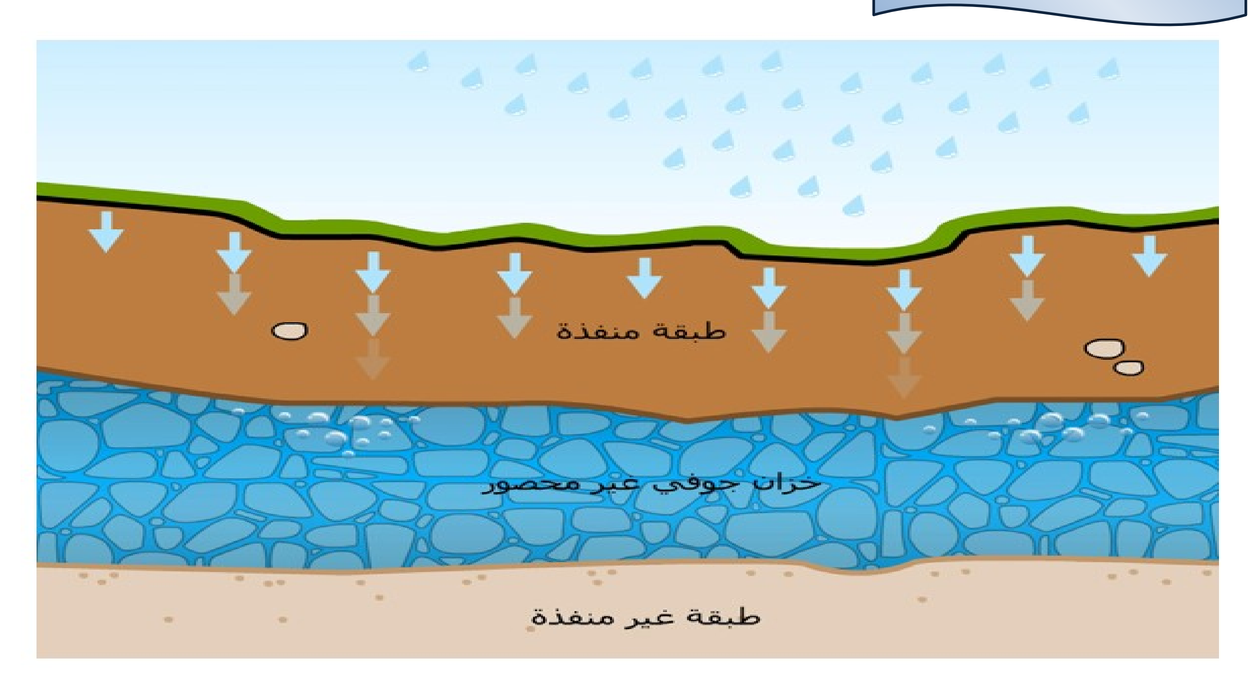
1. التكوين الخازن المحصور Confined Aquifer

هذا التكوين يحده من الاعلى ومن الاسفل طبقات صخرية صماء غير نفاذة Confining Beds ويكون هذا التكوين مملوء بالماء الجوفي كليا.والمياه الجوفية هنا تكون تحت ضغط اعلى من الضغط الجوي بسبب ضغط الصخور المغطية للخزان المحصور اضافة الى ضغط الماء الهايدروستاتيكي الناتج عن الماء المحصور.



2. التكوين الخازن غير المحصورunconfined aquifer

هذا التكوين يحده من الاعلى طبقة منفذة للماء ومن الاسفل طبقات صماء غير منفذة للماء Confining Beds ويكون مملوء بالماء الجوفي جزئيا وان منسوب المياه الجوفية فيه (W.T) يكون حرا بالارتفاع او الانخفاض حيث لا يكون الماء محصورا .



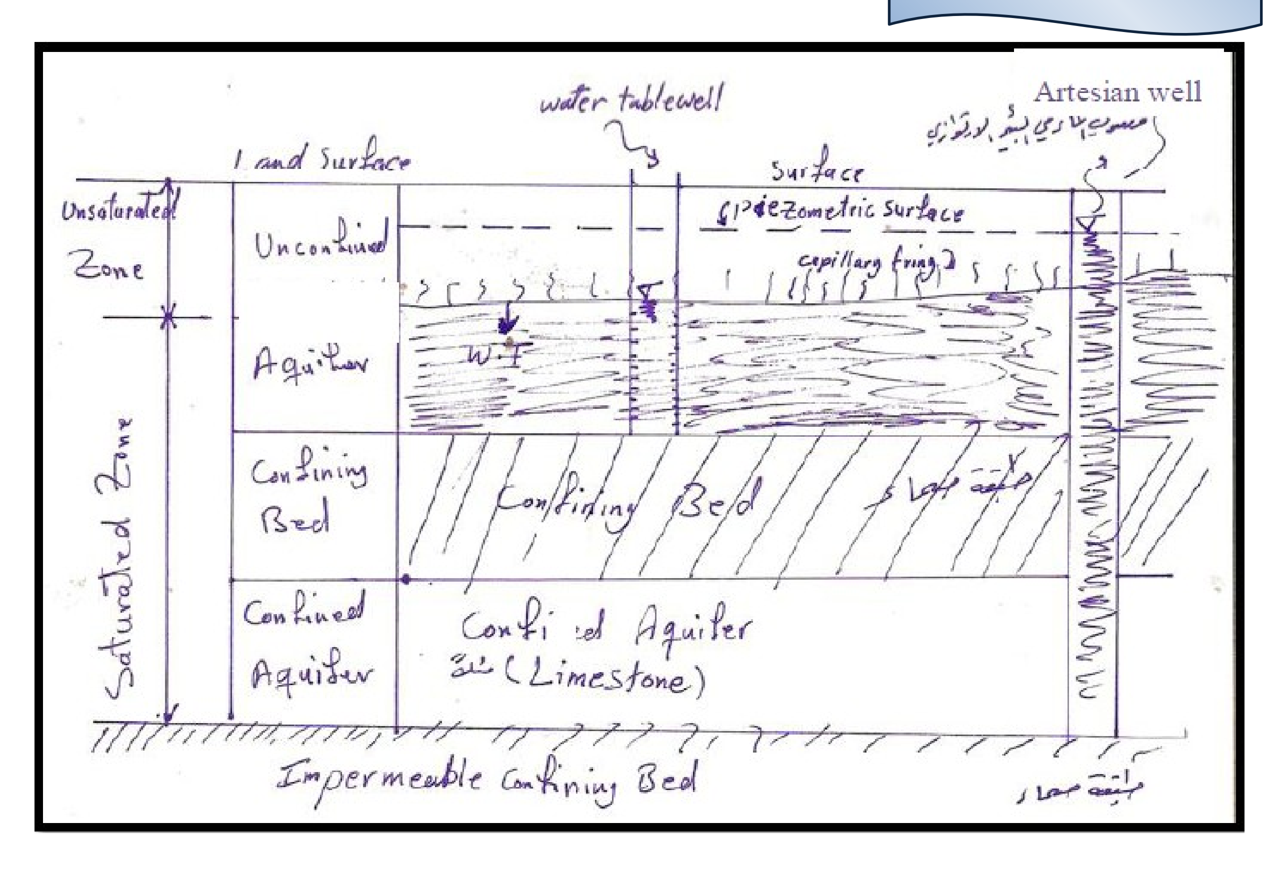
الطبقات الصماء Confining Beds:

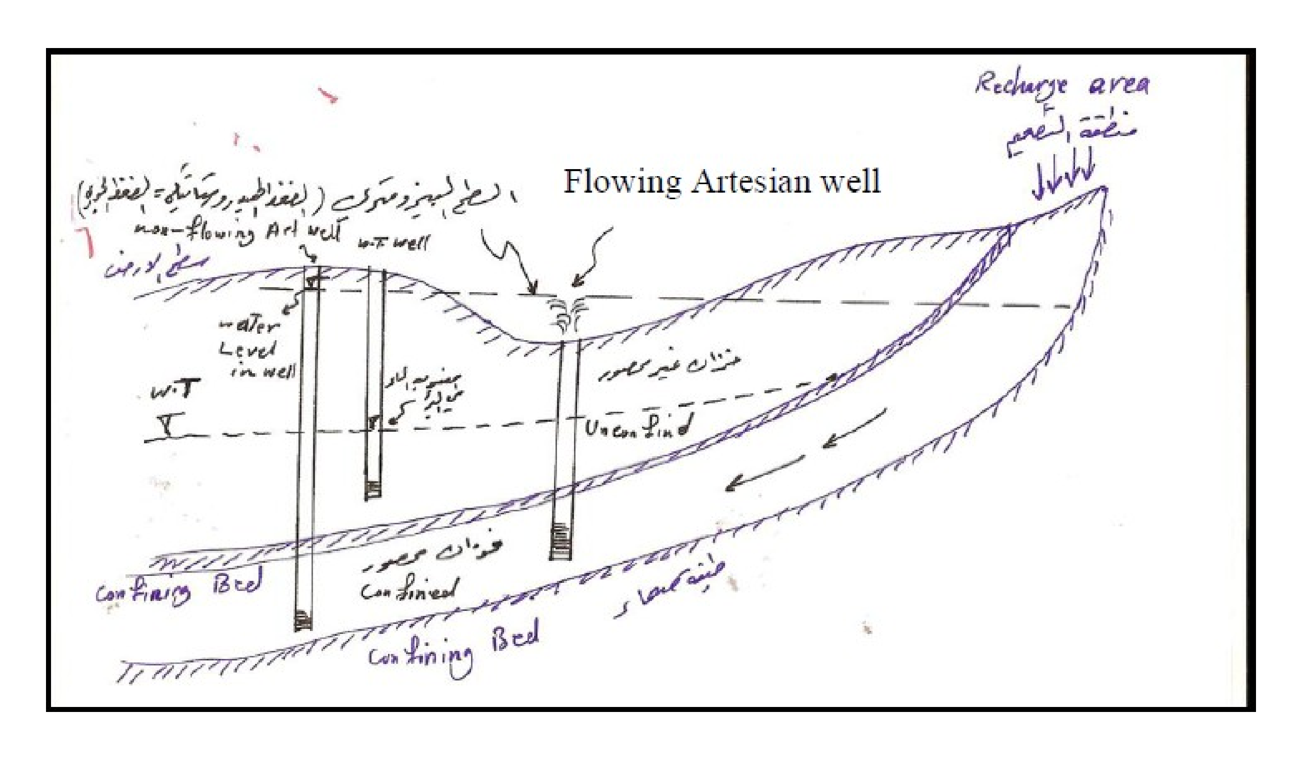
هي صخور ذات توصيلية هيدروليكية قليلة جدا بحيث انها لاتسمح للمياه الجوفية بالحركة والمرور من خلالها.

Water table well: هو البئر الذي يمتد داخل التكوين الخازن غير المحصور unconfined ويكون منسوب الماء فيه هو نفس منسوب المياه الجوفية (W.T) في التكوين غير المحصور.

Artesian Well: هو البئر الارتوازي الذي يمتد من سطح الارض الى داخل التكوين الخازن المحصور. ان منسوب الماء الجوفي في هذه الابار يتوقف عند ارتفاع معين فوق مستوى التكوين الخازن المحصور ولكن ليس بالضرورة فوق مستوى سطح الارض فعندما يكون منسوب الماء في البئر فوق مستوى سطح الارض فان البئر يسمى flowing Artesian well وهذا يعتمد على منسوب السطح البيزومتري .

السطح البيزومتري : هو المستوى الذي يتساوى فيه ضغط الماء المحصور مع الضغط الجوي.





طرق الكشف عن وجود المياه الجوفية:

اولا: الطرق الجيولوجية والطبوغرافية :

وهي تساعد على الكشف عن اماكن تجمع المياه الجوفيه بالمشاهدات التالية :

1. **ضباب الأرض** :يظهر على سطح الأرض أحيانا ضباب تختلف كثافته باختلاف تبخر المياه الجوفية, فاذا كان كثيفا دل على وجود كمية كبيرة من المياه الجوفية.

2. **الأراضي الرطبة والراشحة**: عندما يكون الماء الجوفي تقريبا قريبا من سطح الأرض, فان قدرا من هذا الماء يصل الى السطح بالخاصية الشعرية, لذلك فإن الأراضي الرطبة أو وجود مياه راشحة , تعد دلالات فى كثير من الأحيان على وجود مياه جوفية قريبة من سطح الأرض.ولكن عند القيام بمثل هذه المشاهدات يجب ملاحظة أنه يمكن أن تكون بعض الأراضي والصخور السطحية رطبة نتيجة لاحتوائها على بعض الأملاح المتميعة التى تمتص الرطوبة من الجو, وفي هذه الحالات ل اتدل رطوبة سطح الأرض على وجود مكمن للمياه الجوفية تحته.

3.**طبوغرافية سطح الأرض**: يسترشد بها لتعيين أنسب الأماكن لحفر الآبار فمن المعروف ان مستوى الماء الجوفي يكون أقرب الى سطح الأرض تحت الوديان عنه تحت المناطق المرتفعة.

ثانيا: الوسائل الجيوفيزيائية للكشف عن المياه الجوفية:

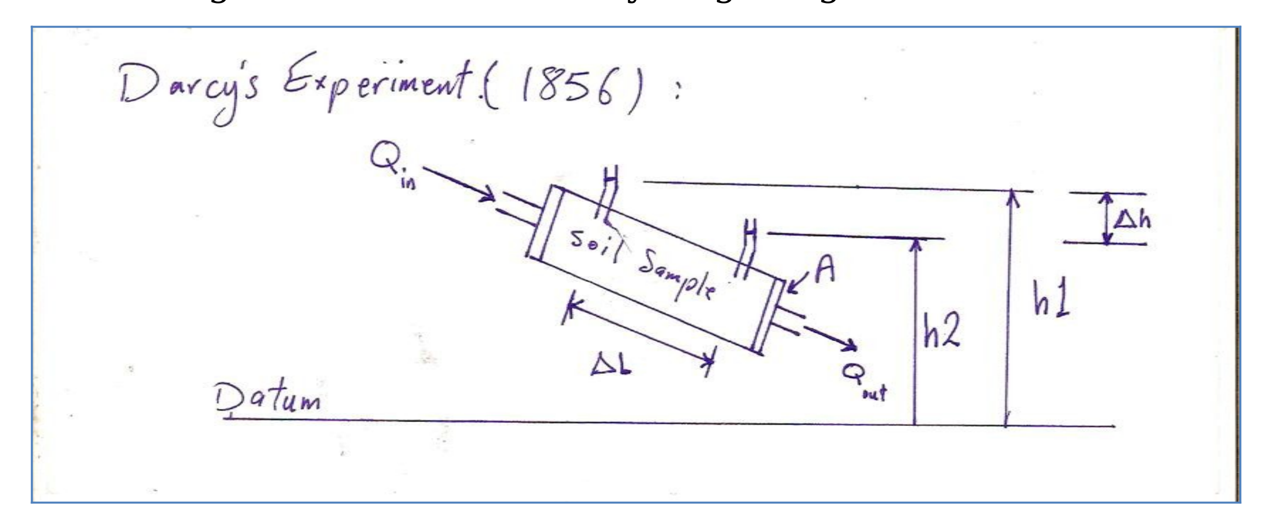
طرق التحديد المباشرة لمواقع المياه الجوفية: تتوقف هذه الطرق على الخواص الفيزيائية للمياه الجوفية , فيمكن العثور على مياه الينابيع الحارة أو المالحة او المياه ذات الإشعاعات عن طريق تحديد التأثير الحراري أو الكهربائي أو الإشعاعي لهذه المياه على سطح الأراضي التي فوقها. ويتم هذا التحديد باستخدام اجهزة مثل: مقاييس الحرارة thermometersوعدادات جيجر geiger counters لقياس الإشعاع الذري أو أجهزة خاصة لقياس المقاومة الكهربائية للصخور وتعتمد هذه المقاومة فى كثير من الحالات على كمية الأملاح

الذائبة في السوائل المتغلغلة في الصخور, إذ هي تتناسب عكسيا مع كمية هذه الأملاح.

طرق تحديد التكاوين المناسبة لوجود المياه المناسبة :تعتمد هذه الطريقة على تحديد الاماكن المناسبة لوجود المياه وتتوقف على رسم الخرائط الجيولوجية وفى هذه الحالات يمكن استخدام احدى الطرق الجيوفيزيائية التى تعتمد على وجود الاختلافات فى الكثافة او المرونه أو المغناطيسية أو التوصيل الكهربائي للصخور وتعرف هذه الطرق بـ " الطرق الزلزالية والطرق المغناطيسية والطرق الكهربائية" .

DARCY'S LAW :-

Darcy's law provides an accurate description of the flow of ground in almost all hydrogealogic environments.



ان العوامل المؤثرة على جريان المياه الجوفية يعبر عنها بقانون دارسي:

$$Q = -K . A . \frac{dh}{dl}$$

Q: Quantity of water per unit of time.

K: coefficient of permeability.

A: cross sectional area at a right angle of flow direction.

$\frac{dh}{dl}$: hydraulic gradient (i), i=$\frac{dh}{dl}$

Derivation of Darcy's law:

وجد دارسي بتجربته ان سرعة جريان الماء خلال وسط مسامي (soil) تتناسب مع فرق الارتفاع (dh) بين الماء الداخل والخارج من التربة وان ثابت التناسب هو (K) يسمى معامل النفاذية.

V α dh   and v α$\frac{1}{dl}$

V= -k. $\frac{dh}{dl}$

And since :

Q=V.A   (A: total area)

Q=-k. A.$\frac{dh}{dl}$

Q= -K.A.i

Darcy velocity and seepage velocity:

v=-K.i

i=$\frac{dh}{dl}$hydraulic gradient.

K= coefficient of permeability.

V= velocity of water (Darcy velocity or apparent velocity).

ان السرعة المحسوبة بقانون دارسي هي سرعة ظاهرية وليست حقيقية لكون جريان الماء في الوسط المسامي يحدث فقط بين الفجوات في حين ان (V) في قانون دارسي محسوبة على اساس مساحة المقطع الكلية (total area).

إذن إن سـرعة دارسـي هي ليسـت السـرعة الحقيقيـة للجريـان وان السـرعة الحقيقية للجريان يمكن حسابها من سرعة دارسي وكما يلي:

From the continuity equation (Q=v.A)

Q= $V_D . A = \overline{V} . A_v$

Where:

Q: flow rate

A: total area

A_v: Area of voids

$\overline{V}$: Seepage velocity (actual velocity)

V_D: Darcy velocity

$\overline{V} = V_D \frac{A}{A_v}$ both side *L

$\overline{V} = V_D \frac{V_t}{V_v}$

Where:

V_t: total volume of soil

V_v: void volume

But $\frac{V_t}{V_v} = \frac{1}{n}$ Where: n= the soil porosity= $\frac{V_v}{V_t}$

$\overline{V} = \frac{V_D}{n}$

$\overline{V}$: actual velocity (seepage velocity). وهي السرعة الحقيقية التي تتحرك بها المياه الجوفية

حركة الماء في الحالة المشبعة Saturated Water Flow

اكتشف العالم الفرنسي Henri Darcy سنة 1856م معادلة تجريبية تصف تدفق الماء في الطبقات المشبعة (مرشحات رملية) وهو ما يسمى قانون دارسي Darcy's Law وهو من أهم القوانين في مجال حركة الماء في التربة ومجال الهيدرولوجي قانون دارسي يصف حركة الماء في الأوساط المسامية مثل التربة وقد استعان دارسي بالمباديء الخاصة بجريان الموائع خلال الانابيب الشعرية وطبقها على حركة الماء خلال وسط منفذ اي خلال انواع مختلفة من التربة واوضح دارسي من خلال ذلك ان جريان الماء خلال وسط منفذ او مسامي يتناسب طرديا مع الانحدار الهيدروليكي واعطى القانون التالي المعروف بقانون دارسي:

$$V=K.I$$

$$I=\frac{\Delta H}{L}$$

$$V=K.\frac{\Delta H}{L}$$

حيث ان:

V: هي السرعة الظاهرية لجريان الماء داخل التربة

I: الانحدار الهيدروليكي للمياه اوالطاقة المفقودة ΔH (ونستطيع ان نعبر عن ΔH بالرمز) hنتيجة جريان الماء لمسافة قدرها L مقاسة في اتجاه الجريان

K: ثابت النفاذية

ومن خلال قانون دارسي امكن التوصل الى حساب التصريف خلال وسط مسامي من خلال القانون التالي:

$$Q = V .A$$

$$V = K. I$$

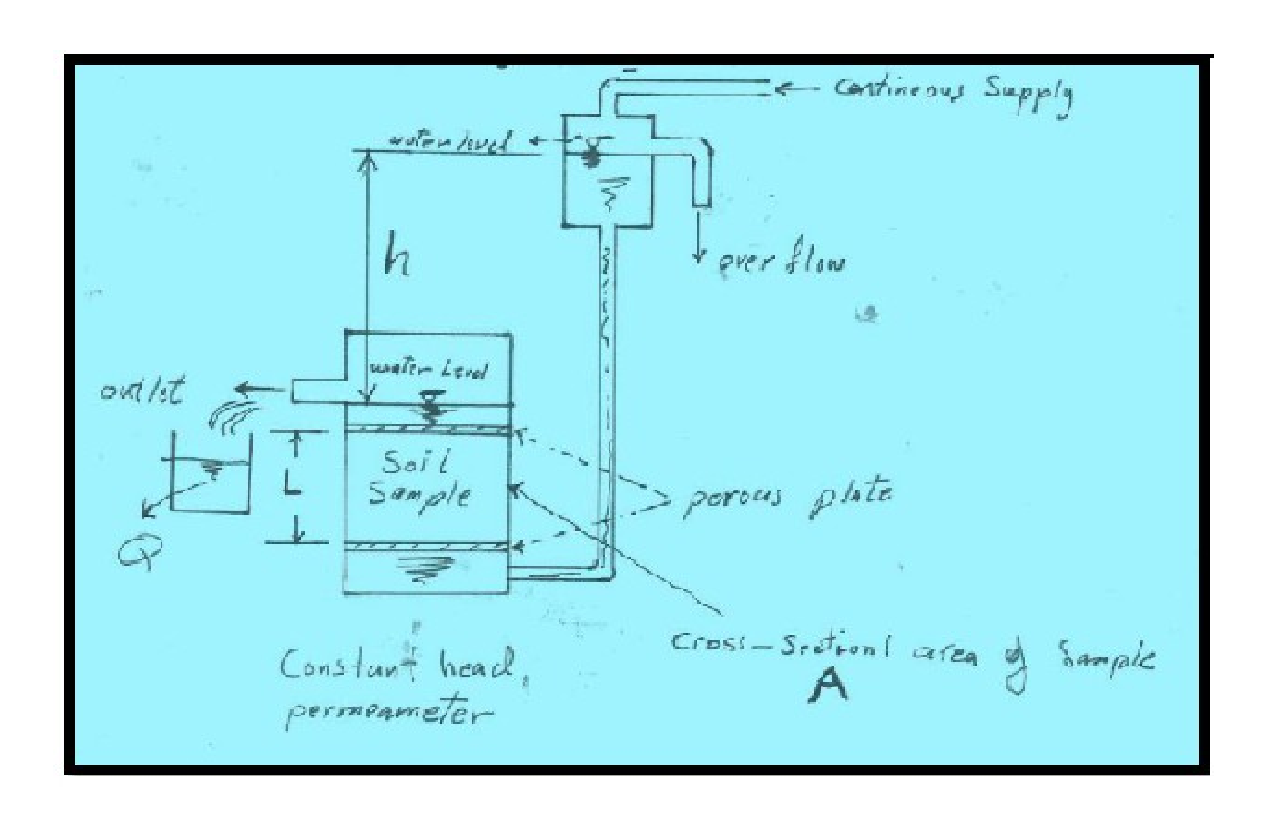
$Q= k.I.A$

$Q=K.\frac{\Delta H}{L}.A$

تحديد ثابت النفاذية في المختبر:

توجد عدة طرق لقياس النفاذية كل منها يتناسب مع نوعية معينة من التربــة وهي على النحو التالي:

1. **مقياس النفاذية ذو الشـحنة الثابتـة (the constant head test):** هذا الفحص يستخدم لحساب معامل النفاذية (K) للترب خشنة الحبيبات Coares-graind soils ويسـتعمل لهـذا الغـرض جهـاز فحص النفاذيـة ذي الارتفـاع الثـابت(h)ـ constant head permeameter المبين في الشكل ادناه:



بعد ان تم اشباع نموذج التربة بالماء لطرد الفراغات الهوائية يتم التالي:

1.تقاس قيمة h وهي المسافة بين سطح الماء الداخل من المصدر وسطح الماء الخارج.

2.تجمع عينة من الماء الخارج بواسطة دورق لمدة معينة ولتكن 60 ثانية مثلا وباستخدام ساعة توقف(stop watch).

3.نحسب وزن الماء المجموع بواسطة ميزان ثم من الوزن نحسب حجم الماء حيث

Vol. of water = $\frac{Weight\ of\ water}{Density\ of\ water}$

Density of water= 1*$10^{-3}\ kg/cm^3$ or 1g/cm^3

4.نحسب التصريف: $\frac{Vol.}{time}$=Q

5.نحسب قيمة K من المعادلة التالية: $\frac{Q.L}{h.A}$=K

Where:

K: hydraulic conductivity of sample ثابت التوصيل الهيدروليكي(ثابت النفاذية)

)L): height of sample in the direction of flow

(Q): the quantity of discharge

)h): the hydraulic head from inlet- to outlet.

(A): the cross sectional area of the sample.

اشتقاق معادلة معامل النفاذية:

Q = V .A   Continuity equation

V = K. I

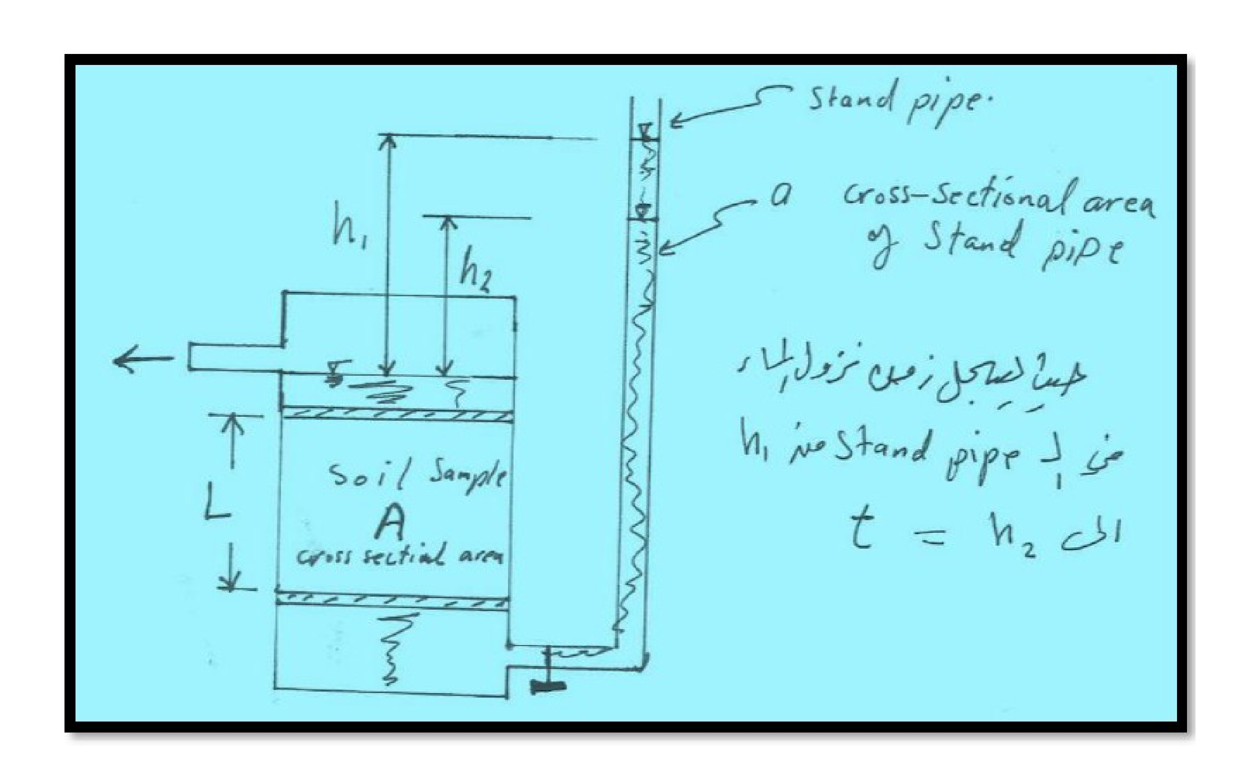
Q= k.I.A   Darcy's law

$Q=K.\frac{h}{L}.A$

$K=\frac{Q.L}{h.A}$

2. مقياس النفاذية ذو الشحنة الهابطة (the falling head test)

او ما يسمى فحص عمود الماء الهابط: وهو يستخدم لحساب معامل النفاذية للترب الناعمة الحبيبات التربة الطينية (Clay Soil   fine – grained soils .



يوضع داخل الاسطوانه والتي قطرها (D) عينة من التربة بحالتها الطبيعية على قرص مثبت او فلتر كما موضح بالشكل اعلاه وتملأ الانبوبه الرأسية والتي قطرها (d) ومساحتها (a) بالماء لكي نسمح للماء بالترشح من خلال التربة وبعد مرحلة

تشبع العينة بالماء يتم تسجيل مقدار انخفاض سطح الماء داخل الانبوبة الرأسية من h2-h1 وبزمن قدره من t2-t1 وتحسب ثابت النفاذية بفرض ان سطح الماء داخل الانبوبه الرأسية انخفض بمقدار -dh)) خلال فترة زمنية (dt)

كيفية اشتقاق معادلة حساب معامل النفاذية لفحص عمود الماء الهابط:

Hydraulic gradient $\frac{\Delta H}{L}$ varies with the time

$\therefore$ V= -$\frac{dh}{dt}$

Q= area* Velocity

Q= $\frac{-a.dh}{dt}$ stand pipe

And

Q=A.K.$\frac{h}{L}$ Darcy's law

$\frac{-a.dh}{dt}$ = A.K.$\frac{h}{L}$

By integration -a $\int_{h1}^{h2}\frac{dh}{h}$ = $\frac{A.K}{L}\int_{t_2}^{t_1} dt$

K=$\frac{a}{A}$. $\frac{L}{¿¿}$ ln $\frac{h_1}{h_2}$

Equation of k for falling head test (cm/sec) or (cm/min).

حيث:

a: *مساحة الانبوبة الرأسية*

A: مساحة عينة التربة.

L: طول عينة التربة.

h1, h2: ارتفاع الماء داخل الانبوبة الراسية

مثال(1)/ استخدم مقياس النفاذية ذو الشحنة الثابتة في اختبار عينة من التربة داخل اسطوانة قطرها (50)مم وطولها (51) مم المطلوب حساب ثابت النفاذية اذا كان تصريف المياه خلال العينة (19ـ(cm^3/min وقتها كان المفقود من الشحنة المائية خلال العينة (10)مم .

Sol:

$$K=\frac{Q.L}{h.A}=\frac{19*5.1}{\frac{\pi}{4}.¿¿}$$

K= 8.22*$10^{-2}\,cm/sec$

<u>H.w</u>: اخذت عينة من التربة باسطوانة قطرها (75ـ(mm وبطول (173ـ(mm وقبل وضعها في مقياس النفاذية ذي الشحنة الهابطة تم تنظيف العينة وتسويتها فاصبح طولها (150ـ(mm المطلوب حساب ثابت النفاذية لعينة التربة وفقا للقراءات الاتية قطر الانبوبة الراسية التي يتم عن طريقها قياس هبوط المياه (15ـ(mm بعد مرور (355)sec من بدء التجربة انخفض سطح المياه داخل الانبوبة الرأسية من (h1=130) cm الى (h2=80) cm.

Ans: k=8.69*$10^{-4}\,cm/sec$

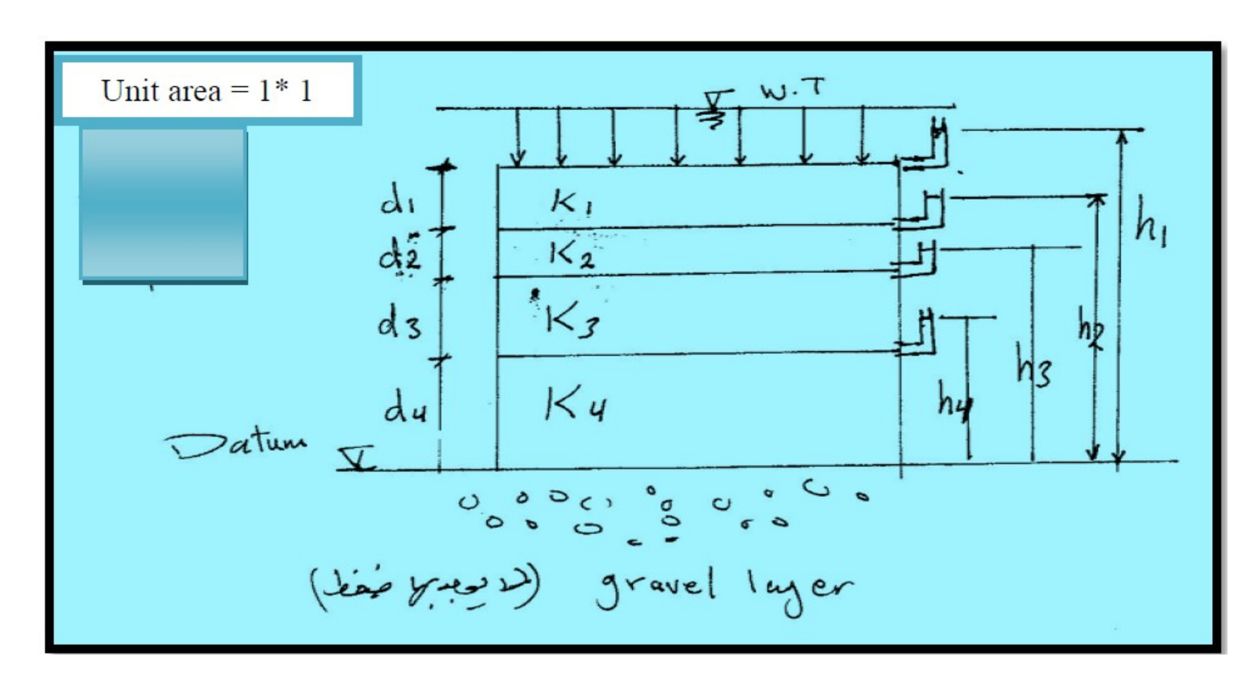
<u>الجريان خلال التربة الطبقية ونفاذيتها:</u>



عندما تتكون التربة من طبقات layers وكل طبقة بسمك معين (d) ومعامل نفاذية مختلف من الطبقات الاخرى K فانها تسمى تربة طبقية ولهذا يمكن حساب معدل معامل النفاذية للتربة الطبقية وان هذا العامل يختلف حينما يكون الجريان افقيا او عموديا خلال التربة الطبقية.

1. الجريان العمودي Vertical Flow

الشكل ادناه يبين تربة طبقية ذات طبقات بسمك d1, d2, d3 ومعاملات نفاذية k1, k2, k3



في حالة الجريان العمودي المبين بالشكل اعلاه فأن كمية الجريان q خلال وحدة المساحة A يكون متساويا لجميع الطبقات اي ان:

q1 =q2=q3=q4=......qn from Darcy's Law

$q1=k1\frac{h1-h2}{d1}\ (1*1)$ $\qquad$ $q1\frac{d1}{k1}=(h1-h2)$

$q2=k2\frac{h2-h3}{d2}\ (1*1)$ $\qquad$ $q2\frac{d2}{k2}=(h2-h3)$

$q3=k3\frac{h3-h4}{d3}\ (1*1)$ $\qquad$ $q3\frac{d3}{k3}=(h3-h4)$

$q4 = k4\frac{h4-0}{d4}(1*1)$ ⇨ $q4\frac{d4}{k4} = (h4-0)$

But q1=q2=q3=q4=q

Δh across a series of layers is the sum of Δh for each layers

Δh = (h1-h2)+(h2-h3)+(h3-h4)+h4=h1

$\therefore q\left[\frac{d1}{k1}+\frac{d2}{k2}+\frac{d3}{k3}+\frac{d4}{k4}\right]=h1$ ⇨ $q=\frac{h1}{\sum\frac{d}{k}}$ ....(1)

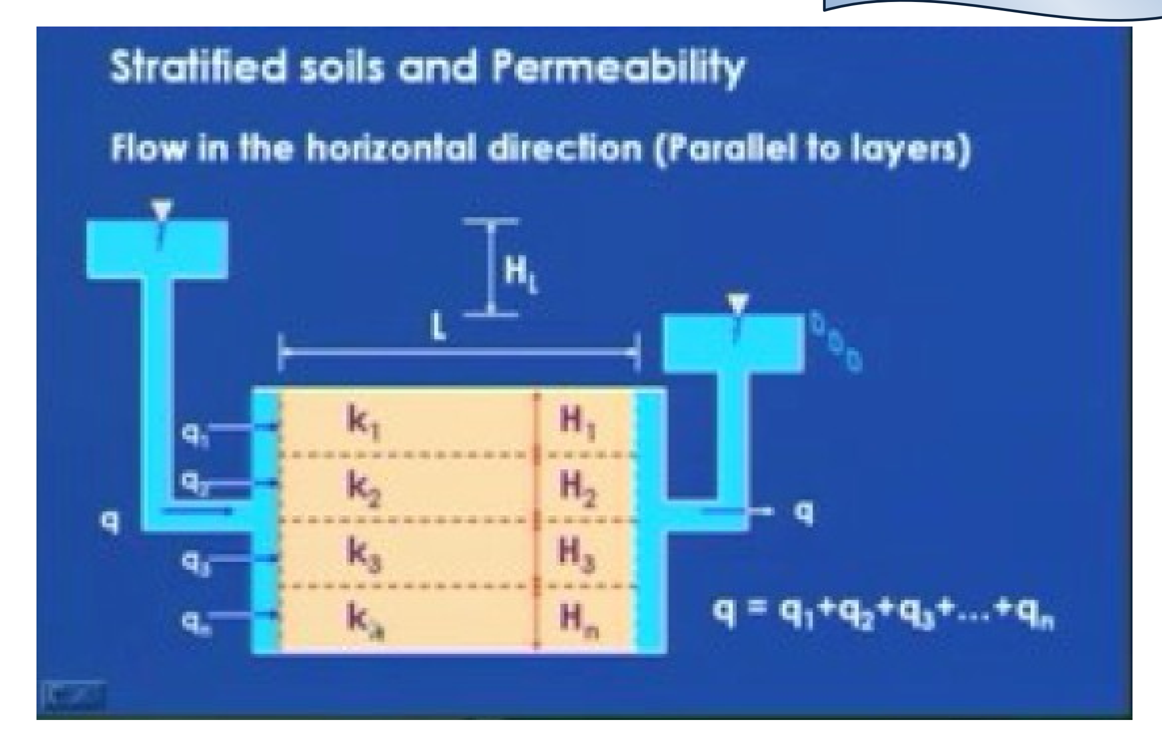
And $q=KV\frac{h1}{\sum d}$ for stratified soil per unit area from Darcy law ....(2)

$\therefore Kv\frac{h1}{\sum d}=\frac{h1}{\sum\frac{d}{k}}$

$\therefore KV=\frac{\sum d}{\sum\frac{d}{k}}$ معامل النفاذية للتربة الطبقية للجريان العمودي

2. الجريان الافقي Horizontal Flow

في حالة الجريان الافقي يكون الانحدار الهيدروليكي متساوي في كل الطبقات لكن الجريان q يكون مختلف في كل طبقة والجريان الكلي يساوي مجموع الجريان لكل طبقة :



For horizontal flow, the head drop HL over the same flow path length L will be the same for each layer. So if the head loss is same then we can say that i1 that is the hydraulic gradient which occur in the first layer and hydraulic gradient which occur in the second layer and hydraulic gradient which occur in the last layer that is the nth layer can be same. So a condition is that

$i1 = i2 = i3 = in$

And when the flow conditions which are occurring parallel to the layers then we said that

$q = q_1 + q_2 + q_3 = q_n.$

q=KiA

q1=K1*i*d1*1

q2=K2*i*d2*1

q3=K3*i*d3*1

But

$q=q1+q2+q3+.....$

$\therefore$ q= K1i d1 +K2 I d2+ K3 I d3+....   ....(1)

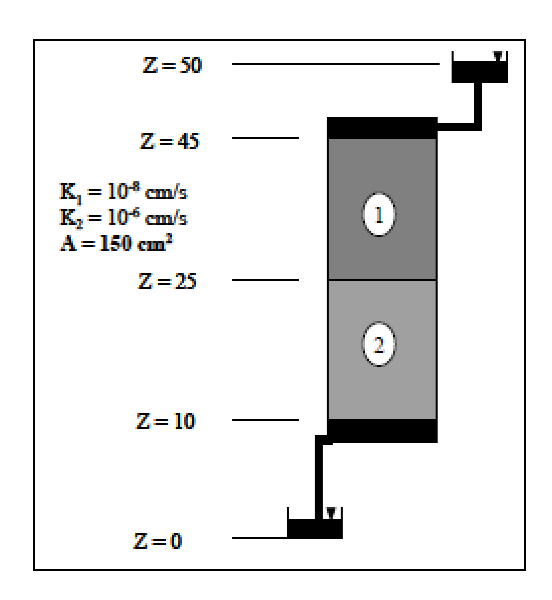
q=K_h i$(\sum d)$*1   ....(2)

$\therefore$ K_hi(d1+d2+d3+.....)= K1i d1 +K2 I d2+ K3 I d3+....

$K_{h}=\frac{\sum kd}{\sum d}$ معامل النفاذية للتربة الطبقية للجريان الافقي

qtotal= K_h*i*$\sum d$

H.W: الشـكل المرفـق يوضـح عمـود مكـون من طبقـتين والقيم موضحة على الشكل احسب معامل التوصيل.



ANS: 1.737 10^{-8} cm/sec

H.w: احسب نفاذية التربة المتكونة من عدة طبقات وكما موضحة في الشكل الاتي وفي الاتجاهين العمودي والافقي.



$K=18*10^{-2}$ cm/sec 3m

$K=61*10^{-3}$ cm/sec 1.5m

$K=32*10^{-5}$ cm/sec 1.2m

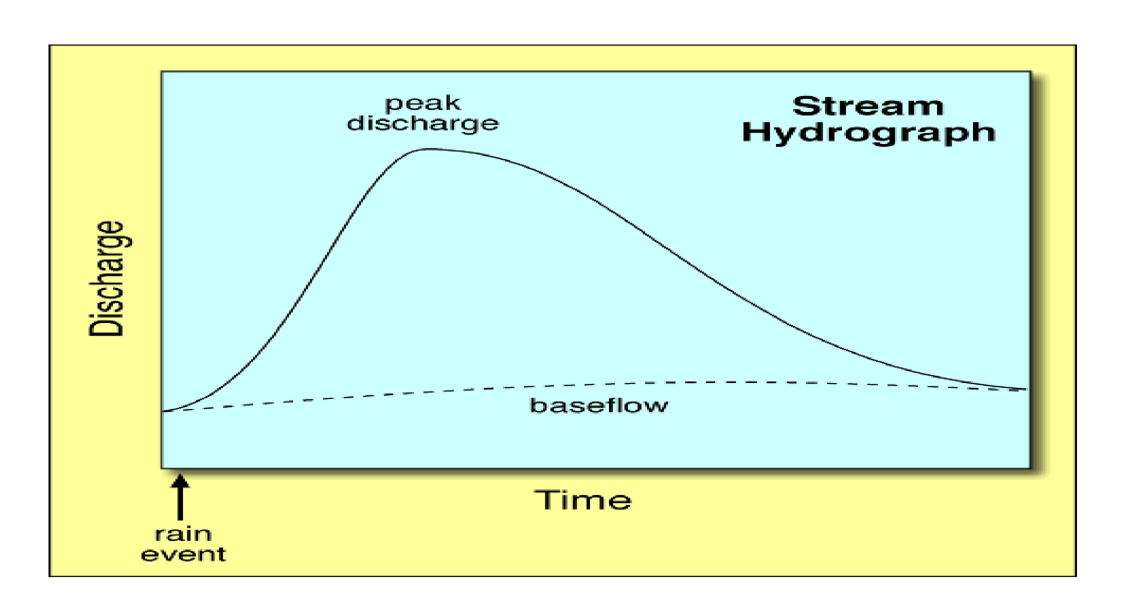
10^{-8}*m 3 K=52

cm/sec

الميزان المائي

1. الدخل المائي

عند رسم منحني التصريف (الهايدروكراف) لأي جدول او نهر على طول السنة واخذ المساحة المحصورة بين المنحني ومحور الزمن (الافقي) وضرب هذه المساحة بمعامل تحويل المقياس اللازم يمكن الحصول على مقدار الماء الذي يجهزه الجدول خلال سنة كاملة وبهذه الطريقة تحسب واردات انهار العراق المختلفة.



الهايدروكراف: هو الخط البياني الذي يوضح سير التصاريف اليومية خلال السنة المائية او التقويمية ويمكن من خلاله ايجاد كمية المياه التي يجهزها النهر من خلال المساحة المحصورة بين المنحني ومحور الزمن الافقي.

2.**ضائعات المياه:** هي كل مايفقده المخزون المائي او النهر خلال تغذيته لمنطقة معينة ويشمل على ضائعات التبخر والترشيح.

مثال ذلك: المياه المفقودة خلال عملية الري

ويكون ذلك بأفتراض كمية المياه (على سبيل المثال 100متر مكعب) دخلت احد الانهار فأنها ستجري في احد الروافد ومن ثم مجرى النهر الرئيسي حتى تصل الى احد مشاريع الري حيث تدخل في احد قنواته الرئيسية ومنها الى فروعه حتى وصولها الى الوسيلة المستخدمة في الري وهي في طريقها الى هذا كله تعاني من اقتطاع اجزاء منها عن طريق الشرب والتبخر ومع وصول كمية من هذه المياه الى المنطقة المراد استخدامه فيها لغرض الري فان هذه المياه الباقية تعاني من ضائعات اخرى في السواقي وسوء توزيع في الارض لدى السقي مما يعرض كفاية الري الى نقص كبير في نسبة مايصل الى منطقة جذر النبات من الماء التي قد تتعرض في هذا المكان الى ضياع قسم منها يتسربه الى المياه الارضية يمكن افتراض مقدار هذه الضائعات من المياه من خلال الاتي:

A. الضائعات بالطريقة الحالية: وتاخذ بنظر الاعتبار ان تجهيز المياه يكون من خلال المشاريع المنظمة والمسيطر عليها سيطرة كاملة من قبل دوائر الري المسؤوله اما الاراضي المروية دون سيطرة وتنظيم فيكون المقدار الاعظم للضائعات في هذا الجزء من نظام الري.

العملية	الضائع	الباقي
التبخر والتسرب من الانهار الفرعية والكبيرة 20%	20	80
التبخر والتسرب من الجداول ضمن مشروع الري40%	32	48
التجهيز بالامتار المكعبة	52	48

من خلال ذلك يتضح ان 52 متر مكعب من اصل 100 متر مكعب ضاعت ولم يصل منها الى المنطقة المراد استغلال المياه فيها سوى 48 متر مكعب.

B. الضائعات بالطريقة المثالية: والتي يؤخذ فيها بنظر الاعتبار تقليل الضائعات باستخدام وسائل وتقنيات حديثة من خلال تخفيض ضائعات الانهار بضبط ضفافها وتقويمها وتقليل المياه التي تتسرب من فتحات الري غير النظامية اما الجداول ضمن مشاريع الري فان تبطينها هو الحل الامثل ونسبة الضائعات تعتمد على نوعية التبطين وطريقة تنفيذ العمل وكذلك نوعية الصيانة المستمرة كذلك استعمال طرق الري الحديثة الري بالانابيب والري بالرش.

ضائعات المياه بالطريقة المثالية:

العملية	الضائع	الباقي
التبخر والتسرب من الانهار الفرعية والكبيرة 15%	15	85
التبخر والتسرب من الجداول ضمن مشروع الري10%	8.5	76.5
التجهيز بالامتار المكعبة	23.5	76.5

اي ان كمية المياه المجهزة للمشروع المراد ارواءه 76.5 متر مكعب مقارنة بالطريقة السابقة التي كانت 48 متر مكعب .

التربة Soil

تعريف التربة: التربة وسط معقد تشكل من مكونات ناتجة عن تفتت الصخور تحت تأثير عوامل جوية و بيولوجية: تفكك ميكانيكي و تحلل كمبيائي في المرحلة المعدنية ، تراكم و تحلل النباتات و الحيوانات في المرحلة العضوية.

فيزيائية التربة:

ومن أهم هـذه الخـواص الفيزيائيـة: قـوام التربـة، وبناؤهـا، وكثافتهـا، وتماسـكها، ومساميتها، ونفاذيتها.

1. **قوام التربة Soil Texture**: (هي نعومة التربة أو خشونتها) يقصد بقوام التربة التوزع الحجمي النسبي لناعم التربة (حبيبات التربة المعدنية، التي يقل قطرهـا المكـافئ عن مليمـترين). ويعـد قـوام التربـة من أهم خواصـها الـذي يسهل ملاحظته وتحديده في الحقل. ويتكون ناعم التربـة من مخلـوط الرمـل Sand، والغـرين Silt، والطين Clay. ويُحـدد قـوام التربـة، إلى مـدى بعيـد العديد من خواصها الفيزيائية الأخرى، كمعدل رشح المـاء في التربـة، ومـدى احتفاظها به، ومقدار تهويـة التربـة وتماسـكها. تحـدد نسـب الرمـل والغـرين والطين في المختبر، بعد التخلص من المادة العضوية، وغسل الأملاح والمـواد الملتصــقة ، ثم فصــل الحبيبــات في حجم الرمــل، باســتخدام مناخــل ذات فتحات، لا يقل قطرها عن 0.05مم. أما الغـرين والطين، فيفصـلان بوسـاطة الترسيب في الماء، ومن نسب الرمل والغرين والطين، يحدد قوام التربة.

نسيج التربة	حجمه
Coarse sand	2 to 1 mm
Fine sand	0.1 to 0.5 mm
Silt	0.05 to 0.002mm
Clay	<0.002mm

2. **بنيـة التربـة: (Soil structure)** مفهـوم يـدل على طريقـة بنـاء حبيبات التربة وبقية العناصر المكونة لها مادة عضـوية، مـاء، هـواء هـذا المفهوم مكمل لمفهوم قوام التربة.

3. كثافة التربة Soil Density))

كثافة التربة، هي كتلة المادة الصلبة من التربـة لحجم معين. ويعـبر عنهـا بطريقتين، هما: الكثافة الحقيقية والكثافة الظاهرية.

a. **الكثافة الحقيقية:** الكثافة الحقيقية للتربة، هي كتلة المواد الصلبة فيها، بالنسبة إلى حجم الحبيبات، من دون الفراغات. وتحسب كما يلي:

$$s=\frac{M_s}{V_s}$$

حيث:

ρs: الكثافة الحقيقية(غم/سم3)

Ms: كتلة الجزء الصلب من التربه بعد التجفيف (غم)

Vs: حجم الجزء الصلب فقط (سم3)

b. **الكثافة الظاهرية**: هي نسبة كتلة المادة الصلبة من التربة، بعد تجفيفها، إلى حجمها الكلي، بما في ذلك الفراغات. وتحسب كما يلي:

$$\rho_b=\frac{M_s}{V_t}$$

حيث:

ρb: الكثافة الحقيقية(غم/سم3)

Ms: كتلة الجزء الصلب من التربه بعد التجفيف (غم)

Vt: حجم التربة الكلي (سم3)

4. المسامية soil porosity : تعرف مسامية التربة، بأنها نسبة حجم مسام التربة المشغولة بالماء والهواء إلى حجمها الكلي (حجم المواد الصلبة، وحجم الفراغات معاً) ويتحكم في مسامية التربة العديد من العوامل، أهمها طريقة تراص حبيبات التربة ومدى تجانس حجم حبيبات التربة. وتحسب كما يلي:

$$n=\frac{V_v}{V_t}$$

حيث ان:

n:المسامية

Vv: حجم الفراغات

Vt: حجم التربة الكلي

واهمية معرفة مقدار المسامية تبين مدى قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء وكذلك سرعة نفاذ المياه خلالها

مثال: اثبت رياضيا ان :

$$n=1-\frac{\rho_b}{\rho_s}$$

حيث ان ρ_b هي الكثافة الظاهرية وρ_s هي الكثافة الحقيقية

5. النفاذية: وهي سرعة جريان الماء المسببة بواسطة وحده انحدارها الهيدروليكي والتي تكون حركة الماء فيها بالاتجاهات المختلفة للتربة وليس محدده بالاتجاه السفلي فقط واكثر مايؤثر على نفاذية التربة هو : نسيج التربة, بناء التربة و توزيع حجوم المسامات للتربة.

Volume relationships:

$V_t = V_s + V_w + V_a$

e(void ratio)= $\frac{V_v}{V_s}$

n(porosity)= $\frac{V_v}{V_t}$

v(specific volume)=1+e

Not also that:

$n = \frac{e}{(1+e)}$

$e = \frac{n}{(1-n)}$

prove it all

$v = \frac{1}{(1-n)}$

Degree of saturation درجة التشبع للتربة

Degree of saturation, $S_r = \frac{V_w}{V_v}$

For a perfectly dry soil: $S_r = 0$

For a saturated soil: $S_r = 1$

Masses relationships

Grain specific gravity $G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$ **or** $\frac{\rho_s}{\rho_w}$

$\gamma_s = \frac{w_s}{V_s}$

$\gamma_w = \frac{w_w}{V_w}$

$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$

$\rho_w = \frac{M_w}{V_w}$

Water content, w= $\frac{mass\,of\,water}{mas\,of\,solid} = \frac{M_w}{M_s}$

w. $G_s = S_r . e$

السدود Dams

تعريف السد: هو انشاء هندسي يقام فـوق واد او منخفض بهـدف حجـز الميـاه وتعد السدود من اقدم المنشآت المائية التي عرفها الانسان وعادة مايتم تصنيفها حسب اشـكالها والمـواد الـتي اسـتخدمت في بنائهـا والاهـداف الـتي شـيدت من اجلها.

اهداف انشاء السدود:

1. تخزين المياه لسد احتياجات المدن
2. الحد من الفيضانات وخطورتها
3. تنظيم المنطقة سياحيا
4. تامين المياه للثروة الزراعية
5. تنظيم كميـات الميـاه اثنـاء فـترة الجفـاف زالفيضـان وتصـريفها نحـو القنوات

شروط بناء السدود:

تكمن خطورة بناء السد إذا لم يبني وفق أسس هندسـية وجيولوجيـة معينـة حيث أنه عند تهدمه يؤدي إلى تدمير هائل لذلك يجب ان يسبق بنـاء السـد دراسـة من النوع التالي:

1. **دراسات جيولوجية**:وتشمل دراسـات لطبقـات المنطقـة، دراسـات لطبيعة المنطقة ونشاطها الزلزالي.
2. **دراسات هيدرولوجية المنطقة** :كميـة الأمطـار السـاقطة والميـاه السطحية وهيدروجيولوجية المياه الجوفية
3. **دراسات طبوغرافية**.
4. **دراسات جيوتكتونية**: قياس نفاديه التربة، قياس خواص الصخور.
5. **حساب سعة السد التخزينية**.

6. **حساب قوة تحمل السد للمياه**.
7. **مرعاة تصميمها الهندسي ومواصفات مواد البناء.**
8. **القوى المختلفة المؤثرة على منشآت السـدود**: الـوزن الـذاتي للمنشـآت ضـغط المـاء الهيدروسـتاتيكي، ضـغط الأمـواج الـريحي، ضـغط الرواسب النهرية المتوضعة أمام السد...الخ
9. الانهيار القاعدي الهيدروليكي.

انواع السدود:

اولا: سدود دائمة

ثانيا: سدود مؤقتة

اولا: السدود الدائمة وتنقسم الى قسمين:

1. السدود الخرسانية الاسمنتية: وتنقسم الى ثلاثة انواع

a. **السـدود الخرسـانية الثقلية**: هي سـدود ضـخمة تقـوم بمقاومـة القـوى الجبـارة بشـكل كلي من خلال أوزانهـا) قـوة الجاذبيـة الأرضـية لجـدار مـانع الاسـمنتي المصـمم بطريقـة هندسـية ذات قواعـد ضـخمة ومتوازنة بالاضـافة لقابليتـه على مقاومـة الهـزات الارضـية ويمتـاز هـذا السد بتكلفته العالية لاستهلاكه كميات كبيرة من الاسمنت وتكون القوى المؤثره عليه التالي:

1. قوى ناتجة عن ضغط وزن المواد المستخدمة في بنائه.
2. قوى ناتجة عن ضغط مياه الخزن.

B. **السدود المقوسة**: يرتبط تصميم السدود دائما وكأي إنشـاء هندسـي بجيولوجية المنطقة آو طبيعة التربة والتضاريس.يعتبر من أبسط أشكال السدود وأقلها تكلفة من حيث المواد والتصميم من أي نمط من أنمـاط السدود الأخرى. تستخدم هذا النـوع من تصـميم السـدود في الأمـاكن الضيقة والصخرية، حيث يكون السد على شكل قـوس منحـني يحجـز خلفه الكميات الهائلة من مياه الأنهار. وأشهر أمثلتـه سـد الأتـازار El Atazar Dam في إسبانيا

C. **السدود المدعمة:** قد تكون هـذه الســدود منبسـطة قليلا او كثـيرا او مقوسة لكن هناك اساسيات تصميمية تميزهـا عن غيرهـا وهي سلسـلة من الدعائم او التعزيزات تستخدم لنقل القوى المؤثرة على الجدار الى المنطقة الاكثر تحملا الارض او اساسات داعمة اخرى, حيث تقوم هــذه الدعائم الانشائية بتقوية ودعم بناء السد من الجهة الخارجيـة في اتجـاه مجرى النهر. ومن أهم الأمثلة على الســدود المدعمـة بركـائز إسـمنتية هو سد بارتليت Bartlett Dam في ولاية أريزونا الأمريكية.

2. السدود الاملائية الترابية: وهي سدود ضخمة مكونة من صخور وأتربة حيث تعتمد هذه السدود على أوزانها الكبيرة في مقاومة القوى الهائلة الناتجة عن المياه المحجوزة خلفها، وما يميز هذه السدود هو كثافة المادة داخلها، فالعازل الداخلي يمنع ترشح أو تسرب المياه عبر جسم السد.

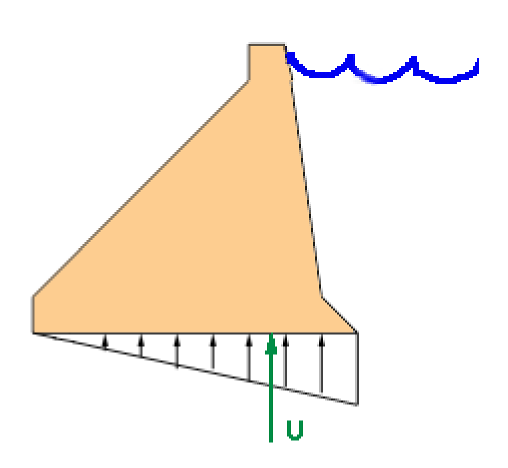
القوى المؤثرة على السدود: تؤثر على الســدود بشـكل عـام قـوى مختلفـة وتهدد ثبات السد ويجب علينا معرفة هـذه القـوى لنعـرف اهميـة دراسـة الموقـع جيولوجيـــــــــا قبـــــــــل بـــــــــدء العمـــــــــل في الســـــــــد:

1ـ. **قوى ناتجة عن ضغط وزن المواد المستخدمة في بنـاء السد**: نـوع الضغوط الناتجه عن وزن السد نفسه وتوزيعها يعتمـد على شـكل الســد والمـواد المستخدمه في بنائه فالسدود الخرسانية يمكن اعتبارها تراكيب متماسكه تشكل كتلة واحدة لذلك تكون الضغوط المسلطة من هذه الســدود تكـون موزعـه فـوق المساحة الكلية للاساس .بينما في السدود الاملائية يعتمد الضغط على اي نقطـة يعتمـــــــد على ســـــــمك الســـــــد فـــــــوق تلـــــــك النقطـــــــه فقـــــــط .

2ـ **قوى ناتجة عن ضغط مياة الخزان:** المـاء يضـغط باتجـاه وجـه السـد المواجه لأعلى النهر وتزداد الضغوط مع العمق حيث يسـبب تـأثيرات كبـيره على القاعـــــــــده أكـــــــــثر من الامـــــــــاكن العليـــــــــا للجـــــــــدار.

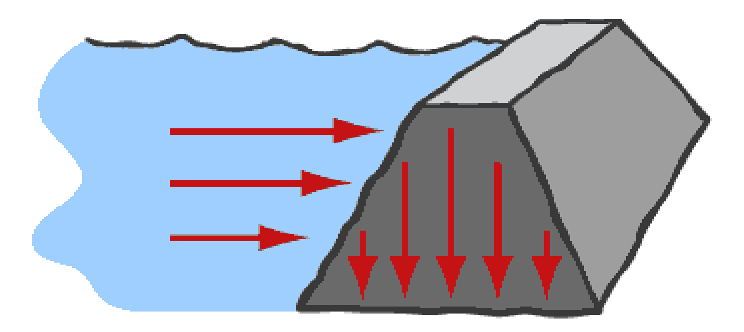
3ـ. **قوى ناتجة عن ضغط المياه المتسربة للاسفل بفعل الشـقوق او المسامية** فأن هذه المياه تولد ضغوطا رافعه **uplift pressures** تؤثر على السـطح الكلي للسـد حيث تكـون قـوة الرفـع الى الاعلى مسـاوية تقريبـا لقـوة

الضغط الهيدروستاتيكي عند العمق نفسه وتتأثر بهذه النوع من القوى السدود التثاقلية وتعالج هذه المشكله بزياده كتلة السدود التثاقلية اما السدود المقوسه Arch لاتخضع لمثل هذه الضغوط نتيجة المساحة القليلة لقاعدة السد.

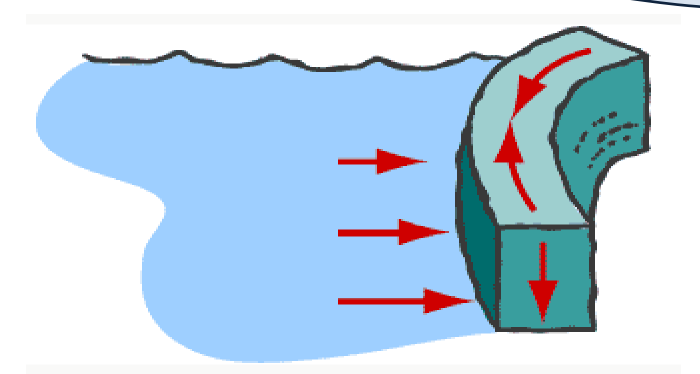


توزع القوى:

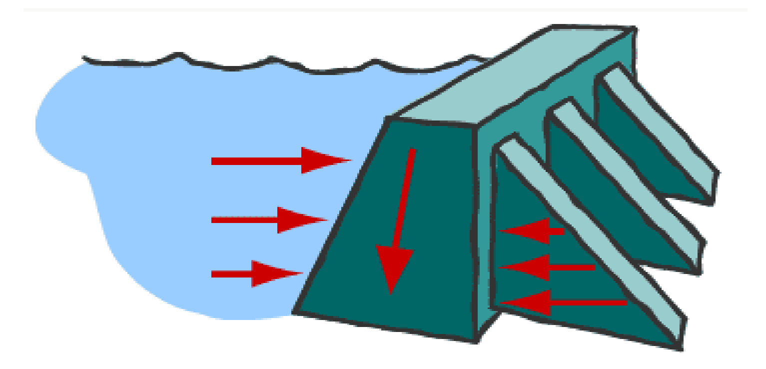
1. توزيع القوى للسدود الخرسانية : تقوم بمقاومة القوى الجبارة للمياه بشكل كلي من خلال أوزانها (قوة الجاذبية الأرضية للجدار المانع الإسمنتي المصمم بطريقة هندسية ذات قواعدضخمة ومتوازنة).



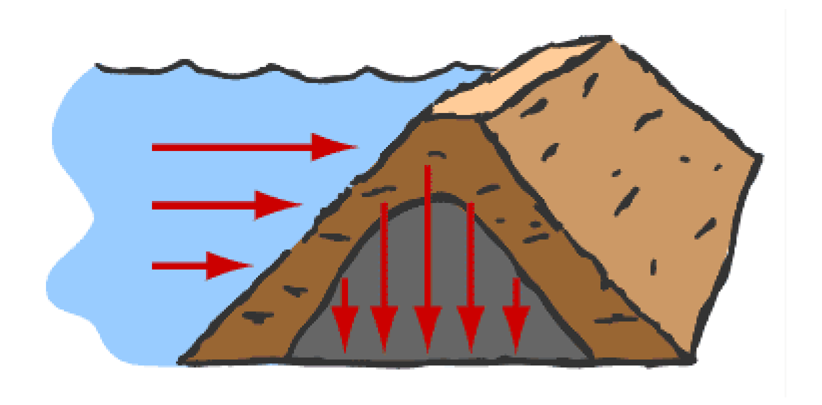
2. توزيع القوى للسدود المقوسة: تقوم المياه بتسليط ضغط كبيرعلى السطح الخلفي المحدب للجدار ، مما يسبب انضغاط القوس الجداري باتجاه التماسك والتقارب للمادة الجدارية من بعضها البعض بسبب شكلها الهندسي المقوس كما هو موضح في الشكل:



.3 توزيع القوى للسدود المدعمة: بحسب التصميم الهندسي لهذه الأنمـاط من السدود ، تقـوم الميـاه بتوليـد قـوى ضـغط كبـيرة ناتجـة عن وزنهـا باتجاه جدار السد مسببة دفعه أو انقلابه بينما تقـوم الركـائز في الجهـة المقابلة برد فعل معاكس تماما في محاولـة لتثـبيت البنـاء في مكانـه ، بينما يكون وزن الركائز مطبقا بالكامل الى الأرض كما موضح بالشكل.



.4 توزيع القوى للسدود الاملائيـة الترابيـة: تـدفع قـوى ضـغط الميـاه على طول الجدار باتجاه دفعه للانقلاب ، في حين يعمل الوزن الكبـير لمـادة السد أو الجدار على تثبيت الجدار في مكانه بسبب الجاذبية التي تدفعه باتجـاه الأرض بشـكل دائم وعلى طـول حائـط السـد كمـا في الشـكل التالي.



اسباب انهيار السدود:

1. أخطاء في تصميم التسليح وحساب الإجهادات.
2. أخطاء في دراسات التربة لموقع السد.
3. أخطاء تنفيذية في عملية صب الخرسانة والوصلات الاستنادية.
4. أخطاء في حساب منسوب الفيضان.
5. أخطاء في حساب تحمل جسم السد للزلزال الأرضية.

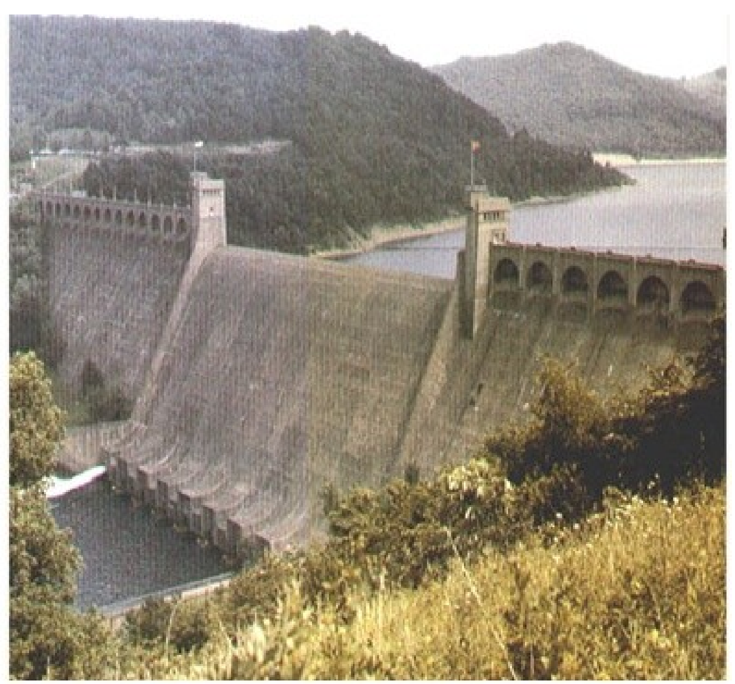
كيف يتم التحضير لبناء السد:

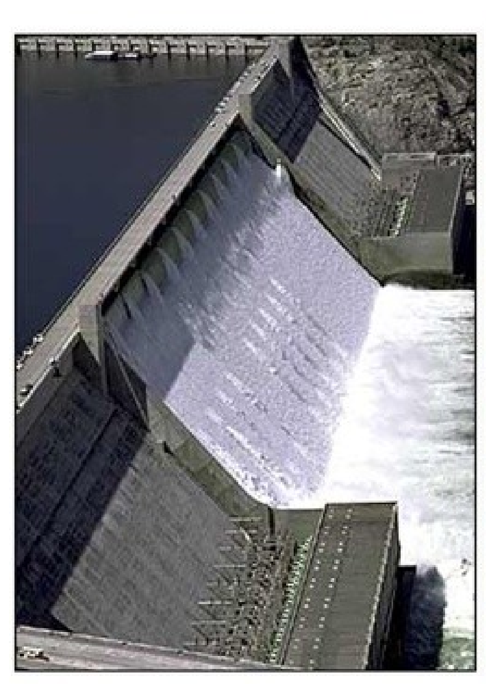
يسبق بناء السدود تجميع الكثير من المعلومات لدراستها وتمحيصها لمعرفة صلاحية الموقع، وطبيعة التربة التي تقام عليها الأساسات وما يتوافر من مواد البناء. كما يجب إجراء تحليل دقيق لمعرفة خصائص التيارات المائية للمجرى، مع تحديد المساحة التي سيغطيها المسطح المائي، على ضوء الارتفاع المقترح للسد، في الموقع الذي يتم اختياره. يلي ذلك تجهيز خرائط تضاريسية مفصلة، ودراسات جيولوجية، مع ضرورة الحصول على عينات من الطبقات السفلى من التربة بطرق التثقيب الآلي للتعرف على الحالة العامة للتربة ونوعيتها وموضع التكوين الصخري أسفل موقع السد.
ويجب حيازة الممتلكات العقارية الواقعة على جانب الخزان المائي بالشراء، أو إخلاؤها وترحيلها. وقد يشمل الترحيل طرقًا أو مدنًا بأكملها، أو خطوطًا للسكك الحديدية ومرافق أخرى.

إذا كان الغرض من بناء السد توليد الطاقة يجب أن توصل فتحاته بأجهزة توليد الكهرباء. أما إذا كان إنشاؤه لري الأراضي، أو لخدمات اخرى، فيجب أن يجهز بفتحات متصلة بقنوات وجداول للصرف، مزودة ببوابات التحكم اللازم.

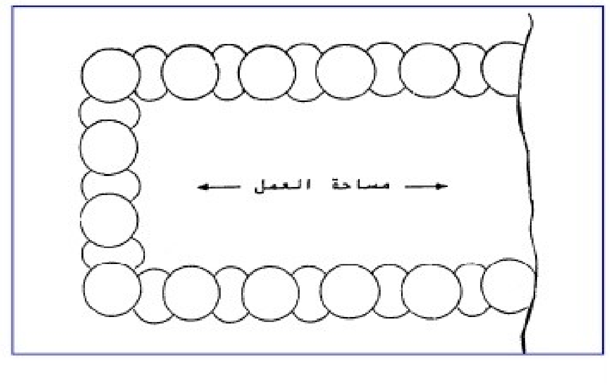
ينصب الاهتمام، بعد اختيار موقع السد، على إيجاد الحلول لتحويل المجرى الأصلي للنهر تحويلاً مؤقتًا ريثما يتم حفر الأساسات ووضع القواعد الخرسانية أو

الترابية أو الصخرية بها. ومن المألوف تحويل مجرى النهر مؤقتًا من المنطقة بالحفر في نصف المجرى وترك النصف الآخر من المجرى لسريان المياه. وثمة طريقة أقل تكلفة يتم بها حفر نفق في سفح أحد الوديان المجاورة يستوعب كل مياه النهر وتحوير مجراها حول موقع البناء. ولتحقيق هذا التحوير، يتم استخدام سدود الإنضاب وهي سدود صغيرة تقام مؤقتًا بأعلى مجرى النهر لتحويل مياهه إلى النفق. وللسد رصيف إنزال منحدر لتمرير المياه عندما يمتلئ الخزان.





ثانيا:السدود المؤقتة (سدود الانضاب cofferdam): هو منشأ يشيد لاسباب عديدة منها منع الماء عن مساحة معينة لتوفير مساحة عمل جافة لانشاء منشأ هيدروليكي معين.





انواع سدود الانضاب:

تكون سدود الانضاب على عدة انواع تختلف في طبيعة الاستخدام:-

1. الركائز اللوحيه الكابولية: مناسبة للسدود الصغيرة
2. سدود الانضاب المثبتة: مناسبة للارتفاعات الصغيرة والمتوسطة
3. السدود الترابية: لايوجد محدد لاستخدامها اذ تستعمل للارتفاعات الكبيرة والصغيرة.
4. سدود الالانضاب ذات الجدران المزدوجة: مناسبة للارتفاعات المتوسطة.
5. سدود الانضاب الخلوية:- مناسبة للارتفاعات المتوسطة الكبيرة.

سدود الانضاب الخلويه:

يتم انشاء سدود الانضاب الخلوية من خلال تشكيل سلسلة متقاربة من الخلايا تملأ بتربة مناسبة على الاغلب نفس تربة الموقع مراعاة للناحية الالاقتصادية وتربط هذه الخلايا ببعضها بواسطة اقواس الربط التي تملأ هي الأخرى بالتربه أيضا.

من اهم مميزات سدود الانضاب الخلويه:

1. الناحية الاقتصادية: اذ يوفر هذا النوع مساحة عمل واسعة واسناد ارتفاعات مائيةكبيره.

2. تحديد القناة: النوع الخلوي اقل تاثيراً من السدود الترابية على القناة المائيـة حيث ان السدود الترابية تحتاج الى مساحة كبيرة توثر تاثيرا مباشـرا على القنـاة من الناحية الهايدروليكية.

3 . عملية تخليص الركائز اللوحية بعد الانتهاء تكون سهلة.

4. النضح خلال السدود الخلويه اقل منه في بقية الانواع.

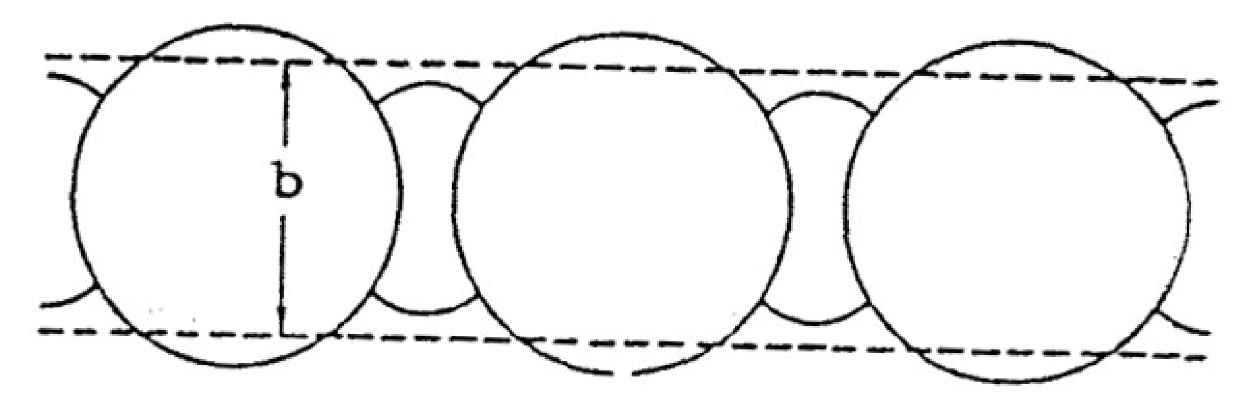
5. سهلة الانشاء نسبيا

انواع سدود الانضاب الخلويه:

تصنف سدود الانضاب الخلوية استنادا لشكل الخلية الى ثلاثة انـواع رئيسـية وهي كما يلي:

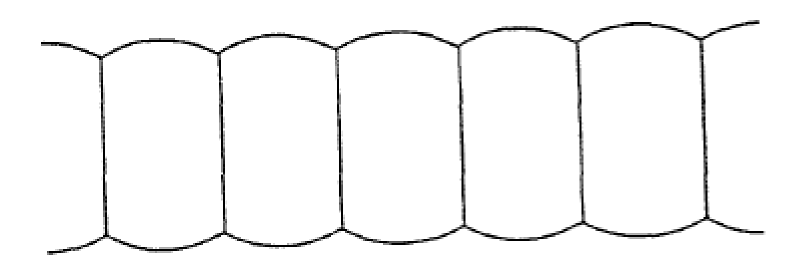
1. النوع الدائري circular type

ينشأ السد الخلوي الدائري بدق الركائز اللوحية لتكوين خلية واحدة تربط بالخلايـا الاخرى بواسطة قوس ربط كما مبين بالشكل التالي:



2 . النوع الحجابي diaphragm type

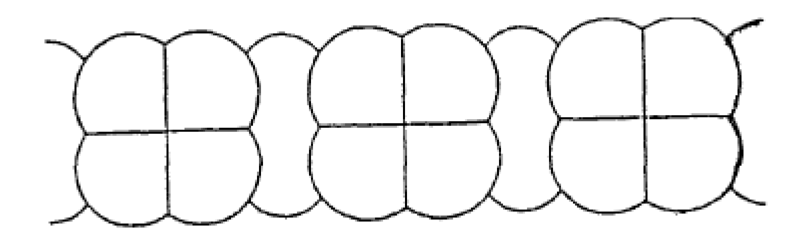
يتكـون هـذا النـوع من السـدود من ركـائز لوحيـة حديديـة على شـكل جـدارين لاعطائـه الاسـتقرار الـذاتي، يتكـون الجـداران من عـدد من المقـاطع المقوسـه متصله في نهايتها بحاجز يمتد خلال السد لتكوين مجموعه من الخلايا كما موضـح بالشكل التالي:



2. النوع الزهري cloverleaf type

وهو نوع مطور من النوع الدائري الشكل التالي يوضح هـذا النـوع من سـدود الانضاب الخلويه ويلاحظ فيه ان كـل خليـة واحـده هي في الواقـع مكونـه من

دمج اربع خلايا دائرية .



مكونات سدود الالانضاب الخلوية:

ان المكونات الاساسيه لسدود الانضاب الخلويه هي الهياكل الحديدية واملائيات هذه الخلايا:

1. الهياكل الحديدية للخلايا : وهي التي تكون الشكل الخارجي للخلية وتحيط باملائيات الخلية الترابية.
2. املائيات الخلية: وهي التي تعطي للخلية استقراريتها من خلال اختيار ترب تكون ذات وحدة وزن عالية.

استعمالات سدود الانضاب الخلوية:

1. تستخدم محل السدود الترابية عندما يتطلب الامر ان يكون عرض السد صغيرا
2. في تشكيل ارصفة المؤانئ
3. يمكن استعمال الخلية بصورة منفردة عند انشاء دعامات .

حالات فشل السد:

وتنتج نتيجة وجود احمال جانبية على سدود الانضاب وكذلك تأثير حمل املائيات الخلية ويكون الفشل على نوعين:

1. الفشل العام مثل الانقلاب او زحف الخلية
2. الفشل الموضعي: مثل فشل الترابط بين الركائز اللوحية الخاصة بالخلية